



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Volum I.

Memòria.

TREBALL DE FI DE GRAU

“Tractament dels residus procedents de la neteja viària”

TFG presentat per optar al títol de GRAU en ENGINYERIA
MECÀNICA

Per **Isaac Reche Lamolla**

Barcelona, 14 d'Octubre de 2015

Directora: Bàrbara Sureda Carbonell
Departament de EGE (717)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Codirector: Miquel Solé Gustems
Escola d'Enginyeria d'Igualada (EEI)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

- Tractament dels residus procedents de la neteja viària. -

ÍNDEX

ÍNDEX.....	3
ÍNDEX DE FIGURES.....	6
ÍNDEX DE TAULES.....	6
ÍNDEX DE GRÀFICS.....	7
RESUM.....	9
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
AGRAÏMENTS.....	10
 CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ.	 11
1.1. INTRODUCCIÓ GENERAL	11
1.2. OBJECTE GENERAL DEL PROJECTE	11
1.3. ANTECEDENTS	12
1.4. ABAST DEL PROJECTE	12
1.5. EXPERIÈNCIES ANTERIORS EN ALTRES PAÏSOS	12
1.5.1. <i>Estats Units</i>	13
1.5.2. <i>Regne Unit</i>	16
1.6. EMPRESES PIONERES EN EL TRACTAMENT DE RESIDUS DE NETEJA VIÀRIA.....	18
1.6.1. <i>Empresa "Veolia Environmental Services"</i>	18
1.6.2. <i>Empresa "CDEnviro"</i>	19
1.6.3. <i>Empresa "Siltbuster Group"</i>	20
1.7. ESTRATÈGIA CATALANA RESIDU ZERO.....	21
1.7.1. <i>Introducció</i>	21
1.7.2. <i>Objectius de l'ECRZ</i>	22
1.7.3. <i>Residus sòlids urbans en l'ECRZ</i>	22
1.8. ELS RESIDUS SÒLIDS URBANS O MUNICIPALS.....	22
1.8.1. <i>Definició</i>	22
1.8.2. <i>Classificació segons origen dels residus sòlids</i>	23
1.8.3. <i>Classificació segons origen dels residus sòlids urbans (RSU)</i>	23
1.9. NETEJA VIÀRIA.....	27
1.9.1. <i>Introducció</i>	27
1.9.2. <i>Serveis de neteja viària</i>	27
1.9.3. <i>Servei d'escombrat</i>	29
1.10. CLASSIFICACIONS DELS RESIDUS DE NETEJA VIÀRIA.....	34
1.10.1. <i>Catàleg Europeu de residus</i>	34
1.10.2. <i>Catàleg de residus de Catalunya</i>	35
1.11. EXPERIÈNCIES PRÈVIES D'INTERACCIÓ AMB L'ENTORN DELS RESIDUS DE NETEJA VIÀRIA.....	35

1.11.1. Introducció.....	35
1.11.2. Contingut de metalls pesants en els sediments	36
1.11.3. Relació entre mida de gra i concentració de metalls pesants	36
1.11.4. Relació entre la neteja viària i la composició dels sediments	37
1.12. DESCRIPCIÓ DELS MUNICIPIS ANALITZATS EN EL PROJECTE	37
1.12.1. Municipi d'Artés.....	37
1.12.2. Municipi d'Igualada.....	39
CAPÍTOL 2. DESENVOLUPAMENT.	41
2.1. CONSIDERACIONS PRÈVIES GENERALS.....	41
2.2. MUNICIPI D'ARTÉS	41
2.2.1. Introducció.....	41
2.2.2. Recollida de les mostres.....	41
2.2.3. Separació dels residus recollits	46
2.2.4. Classificació dels materials de les mostres.....	49
2.2.5. Composició de les diferents recollides	50
2.2.6. Determinació de la quantitat de matèria orgànica i inorgànica	56
2.2.7. Recol·lecció de residus de neteja viària a Artés durant l'any 2014	68
2.2.8. Estudi bàsic de viabilitat econòmica a Artés.....	70
2.3. MUNICIPI D'IGUALADA.....	76
2.3.1. Introducció.....	76
2.3.2. Recollida de les mostres.....	76
2.3.3. Classificació dels materials de les mostres.....	80
2.3.4. Composició de les diferents recollides	81
2.3.5. Determinació del contingut en matèria orgànica i inorgànica.....	86
2.3.6. Recol·lecció de residus de neteja viària a Igualada durant l'any 2014	88
2.3.7. Estudi bàsic de viabilitat econòmica en l'aprofitament.....	90
CAPÍTOL 3. CONCLUSIONS.	95
3.1. CARACTERITZACIÓ FÍSICA DELS RESIDUS DE NETEJA VIÀRIA	95
3.2. TENDÈNCIES EN LA COMPOSICIÓ DE LES MOSTRES RECOLLIDES A ARTÉS I IGUALADA.	95
3.3. PERCENTATGE DE MATÈRIA ORGÀNICA EN LA FRACCIÓ "SORRES I MATÈRIA ORGÀNICA"	96
3.4. POSSIBILITAT DE VALORITZACIÓ DELS RESIDUS DE NETEJA VIÀRIA	96
3.4.1. Recol·lecció anual orientativa per a fer viable el seu tractament complet.....	97
3.4.2. Recol·lecció anual orientativa per a la viabilitat en la recuperació de la fracció de sorres	99
3.4.3. Contribució del nou Pla de residus de Catalunya (Precat20) a la viabilitat del projecte	100
3.5. FUTURES LÍNIES D'INVESTIGACIÓ	101
CAPÍTOL 4. PRESSUPOST.....	102
4.1. ASPECTES CONSIDERATS EN LA REALITZACIÓ DEL PRESSUPOST	102

4.2. PRESSUPOST D'ELABORACIÓ DEL PROJECTE	102
4.2.1. <i>Material</i>	102
4.2.2. <i>Mà d'obra</i>	103
4.2.3. <i>Combustible en desplaçaments</i>	105
4.3. PRESSUPOST TOTAL D'ELABORACIÓ	106

CAPÍTOL 5. BIBLIOGRAFIA..... 107

5.1. BIBLIOGRAFIA DE REFERÈNCIA.....	107
5.2. BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA	108

ANNEXOS.....VOLUM II

Índex de figures

Figura 1. Màquina d'arrossegament.	31
Figura 2. Màquina d'aspiració.	32
Figura 3. Escombrat mixt en calçada.	33
Figura 4. Escombrat mixt en vorera.	34
Figura 5. Localització de la comarca del Bages a Catalunya.	38
Figura 6. Localització d'Artés dins la comarca del Bages.	38
Figura 7. Localització de la comarca de l'Anoia a Catalunya.	39
Figura 8. Localització d'Igualada dins la comarca de l'Anoia.	39
Figura 9. Exemple de carrer considerat zona centre (Carrer Rocafort).	42
Figura 10. Exemple de carrer de zona centre (Carrer Barquera).	42
Figura 11. Exemple de carrer de zona perifèrica.	43
Figura 12. Exemple de carrer de zona perifèrica.	43
Figura 13. Base de suport.	45
Figura 14. Base de suport i contenidor.	45
Figura 15. Buidatge de la màquina al contenidor.	45
Figura 16. Contenidor col·locat en posició de recollida.	45
Figura 17. Contenidor amb una de les recollides.	46
Figura 18. Materials de la recollida abocats al recipient de triatge.	46
Figura 19. Separació d'envasos, paper i cartró i d'altres.	47
Figura 20. Matèria orgànica i sorres restant.	47
Figura 21. Primer garbell utilitzat.	48
Figura 22. Segon garbellat.	48
Figura 23. Separació de la matèria orgànica de majors dimensions.	48
Figura 24. Argiles, llims, sorres i graves barrejades amb matèria orgànica.	48
Figura 25. Mostres d'Artés al laboratori abans de ser analitzades.	57
Figura 26. Imatge de la R1C amb 10 augments.	58
Figura 27. Imatge de la mateixa recollida R1C amb 20 augments.	58
Figura 28. Imatge de la R1P amb 20 augments.	58
Figura 29. Imatge de la mateixa recollida R1P amb 40 augments.	58
Figura 30. Trituració de les mostres mitjançant medis mecànics.	60
Figura 31. Col·locació de les mostres en vidres de rellotge.	60
Figura 32. Escalfament dels gresols a l'estufa d'assecatge.	61
Figura 33. Gresols a dins dels dessecadors.	61
Figura 34. Introducció de gresols a la mufla.	66
Figura 35. Matèria inorgànica (mineral) restant després de la ignició.	66
Figura 36. Exemple de carrer en la recollida cèntrica MIX 05-01.	77
Figura 37. Exemple de carrer en la recollida cèntrica MIX 05-02.	77
Figura 38. Exemple de carrer en la recollida perifèrica MIX 01-01.	77
Figura 39. Exemple de carrer en la recollida perifèrica MIX 01-02.	77
Figura 40. Contenidor col·locat en posició de recollida a Igualada.	79
Figura 41. Màquina abocant els residus mitjançant la placa d'ejecció.	79

Índex de taules

Taula 1. Classificació dels residus sòlids urbans.	24
Taula 2. Tipus de serveis de neteja viària.	27
Taula 3. Equipament de l'escombrat manual.	30
Taula 4. Quantitat de sediments recollits i composició de metalls pesats.	36
Taula 5. Resum de les recollides efectuades a Artés.	43
Taula 6. Classificació dels materials de les recollides en diverses fraccions.	49
Taula 7. Pesos registrats per a cada fracció (R1 Artés).	51
Taula 8. Pesos registrats per a cada fracció (R2C Artés).	52
Taula 9. Pesos registrats per a cada fracció (R3 Artés).	52

Taula 10. Pesos registrats per a cada fracció (R4 Artés).....	53
Taula 11. Pesos registrats per a cada fracció (R5 Artés).....	54
Taula 12. Distribució d'anàlisis i nomenclatura de les mostres d'Artés.....	57
Taula 13. Valors exemple de càlcul d'humitat per a la mostra 1 d'Artés.....	62
Taula 14. Percentatges màssics d'humitat de les mostres d'Artés analitzades.	63
Taula 15. Valors exemple de càlcul de matèria inorgànica en la mostra 1 d'Artés.	67
Taula 16. Percentatge de matèria inorgànica (cendres) restant després de la ignició de les mostres d'Artés.....	68
Taula 17. Quantitat aproximada de residus de neteja viària generats a Artés durant l'any 2014.	69
Taula 18. Cost total de dipositar aquest tipus de residus d'Artés a l'abocador.....	71
Taula 19. Despesa anual segons quantitat generada.	72
Taula 20. Valoració de les diferents operacions de valorització a Artés.	72
Taula 21. Càlcul aproximat de l'estalvi anual en l'aprofitament de la fracció sorres a Artés. ...	73
Taula 22. Resum de les recollides efectuades a Igualada amb les zones i codis corresponents.	78
Taula 23. Classificació dels diferents materials en fraccions per a les recollides d'Igualada. ...	80
Taula 24. Pesos de les diferents fraccions considerades (IR1 Igualada).	81
Taula 25. Pesos de les diferents fraccions (IR2 Igualada).	82
Taula 26. Pesos de les fraccions considerades (IR3 Igualada).	83
Taula 27. Pesos de les fraccions considerades (IR4 Igualada).	84
Taula 28. Pesos de les fraccions considerades (IR5 Igualada).	85
Taula 29. Percentatges d'humitat de les mostres recollides a Igualada.....	87
Taula 30. Percentatges de matèria inorgànica de les mostres d'Igualada.....	88
Taula 31. Quantitat mensual i anual de residus de neteja viària recollits a Igualada.	89
Taula 32. Costos totals de dipositar aquest tipus de residus a l'abocador (Igualada).....	91
Taula 33. Despesa anual per dipositar aquests residus a l'abocador (Igualada).	91
Taula 34. Valoració de les possibles operacions de valorització d'aquests residus a Igualada..	92
Taula 35. Estalvi anual aproximat per a la valorització de la fracció sorres a Igualada.....	93
Taula 36. Benefici anual aproximat per a la valorització de la fracció sorres a Igualada.	93
Taula 37. Amortització de la instal·lació per al tractament de la fracció sorres a Igualada.....	93
Taula 38. Volum de recol·lecció necessari per a una amortització a 5 anys d'un tractament total.	97
Taula 39. Volum de recol·lecció necessari per a una amortització a 5 anys de la valorització de la fracció sorres.....	100
Taula 40. Pressupost total d'elaboració.	106

Índex de gràfics

Gràfic 1. Percentatges màssics (R1C Artés).....	51
Gràfic 2. Percentatges màssics (R1P).	51
Gràfic 3. Percentatges màssics (R2C).	52
Gràfic 4. Percentatges màssics (R3C).	53
Gràfic 5. Percentatges màssics (R3P).	53
Gràfic 6. Percentatges màssics (R4C).	54
Gràfic 7. Percentatges màssics (R4P).	54
Gràfic 8. Percentatges màssics (R5C).	55
Gràfic 9. Percentatges màssics (R5P).	55
Gràfic 10. Percentatges màssics (IR1C Igualada).	82
Gràfic 11. Percentatges màssics (IR1P).	82
Gràfic 12. Percentatges màssics (IR2C).	83
Gràfic 13. Percentatges màssics (IR2P).	83
Gràfic 14. Percentatges màssics (IR3C).	84
Gràfic 15. Percentatges màssics (IR3P).	84
Gràfic 16. Percentatges màssics (IR4C).	85

Gràfic 17. Percentatges massics (IR4P).	85
Gràfic 18. Percentatges massics (IR5C).	86
Gràfic 19. Percentatges massics (IR5P).	86

RESUM

Actualment, al nostre país, els residus que provenen de la neteja viària es porten directament a l'abocador sense fer-ne possible una valorització mitjançant el coneixement dels materials que els formen i les seves característiques.

A través d'un aprofitament dels materials que formen aquest tipus de residus, seria possible reduir de manera notable la despesa en portar aquests residus a l'abocador i així contribuir en la minimització de la generació de residus.

Així doncs, en el present estudi, es busca conèixer quins materials formen, de manera general, aquest tipus de residus per tal de saber si es poden valoritzar i ser destinats a certs usos, després del triatge dels materials que els formen.

Per tal d'assolir aquest objectiu, es recolliran residus de neteja viària en dos municipis diferents i aquests, passaran una fase de caracteritzacions físiques per tal de determinar, de manera posterior, el potencial de valorització que tenen els materials que formen aquest tipus de residus.

Finalment, s'avalua la viabilitat econòmica d'una possible valorització dels materials, depenent de les quantitats anuals generades i la seva composició.

RESUMEN

En la actualidad, en nuestro país, los residuos que provienen de la limpieza viaria, se recogen y se depositan directamente en los vertederos sin pensar en una posible valorización a través del conocimiento los materiales que los formen y sus características.

Mediante un aprovechamiento de estos materiales, sería posible reducir de manera notable los costes de llevarlos al vertedero y contribuir a la minimización de las tasas de generación de residuos.

Así pues, en este estudio, se busca conocer cuáles son los materiales que forman, de manera general, este tipo de residuos con la finalidad de determinar si es posible una valorización para ciertos usos, después de la separación de las diversas fracciones que los forman.

Con este objetivo, se recogerán residuos de limpieza viaria en dos municipios diferentes, para después pasar una fase de caracterizaciones físicas con el objetivo de determinar, posteriormente, el potencial de valorización que tienen los materiales que forman este tipo de residuos.

Finalmente, se avalúa la viabilidad económica de las posibles acciones de valorización de estos materiales, teniendo en cuenta que será función de las cantidades generadas en el lugar de recogida y de su composición.

ABSTRACT

Nowadays, in our country, waste coming from street sweeping are collected and deposited directly into landfills without knowing exactly which materials compose them and their characteristics.

Through the recovery of these materials, it would be possible to reduce disposal costs and contribute in minimizing waste generation rates.

This way, the aim of the study is to find out which materials are composing this type of waste in order to determine the different recovery options, doing a classification of different fractions collected during the study.

To this end, waste in this study will have to pass physical characterization phases in order to know the recovery potential of materials forming these waste.

To conclude, economic viability of different recovery actions proposed will be analyzed taking into account the generation rates in each place considered and, obviously, waste composition.

AGRAÏMENTS

A l'empresa "Ambiens", per donar-me l'oportunitat de fer un projecte innovador amb un alt compromís social i mediambiental. Concretament m'agradaria agrair-ho a Adrià Castelltort Mascó, Laia Martí Valls i Josep Castelltort Panadés.

A l'Escola d'Enginyeria d'Igualada de la Universitat Politècnica de Catalunya, per cedir les instal·lacions dels laboratoris; especialment a Miquel Solé Gustems i Dolors Borràs Fillat.

A l'Ajuntament d'Igualada i a la seva Societat Mediambiental Municipal; concretament a Manel Martínez Masoni, per autoritzar les recollides de residus i facilitar informació per a l'elaboració de l'estudi.

A l'Agència Catalana de Residus, especialment a Marc Balagué Farré, per estar accessibles a debatre el tema i a tenir-lo en consideració.

A la directora del projecte, Bàrbara Sureda Carbonell, per l'atenció i el seguiment durant l'elaboració d'aquest.

A l'Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona, pels bons anys que hi he passat i totes les grans persones que he anat coneixent i que m'han acompanyat en aquest viatge.

Al suport incondicional de la família, que sempre està allà quan més es necessita.

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ.

1.1. Introducció general

La generació de residus ha anat sempre lligada a l'existència de l'home. En el passat, la producció de residus era menys important degut a una menor pressió demogràfica i unes maneres de viure molt més lligades al contacte amb la natura. D'aquesta manera, aquesta producció no suposava una amenaça.

En l'actualitat, a causa de la moderna societat del consum, hi ha un clar augment de la quantitat i varietat dels residus que es generen. Aquests, han generat i generen problemes mediambientals i de gestió, de manera que fan necessari replantejar-se els models econòmics, socials i tecnològics que s'utilitzen per tal d'aconseguir un desenvolupament sostenible.

Així doncs, la gestió dels residus generats es converteix en un problema important que s'ha de resoldre per part dels poders públics i els agents econòmics i socials, incloent-hi els ciutadans.

Dins l'ampli camp dels residus hi trobem els residus urbans, que són tots els residus que provenen de les diverses activitats humanes que es porten a terme als nuclis de població i a les seves zones d'influència. Generalment es troben en estat sòlid.

Considerant el seu origen, els residus urbans poden ser classificats de diverses maneres, entre les quals hi trobem els residus procedents de la neteja viària. Aquest tipus de residus són de tipus molt variat i poden tenir composicions molt diverses.

La neteja de carreteres, carrers, voreres, zones d'estacionament i altres punts on es precisa de neteja viària, genera una gran quantitat de restes d'escombrat que es gestionen i s'envien als abocadors. Aquests residus es recullen mitjançant maquinària específica que tenen comprada o contractada els ajuntaments, amb els seus respectius operaris.

Per tal d'entrar els residus recollits als abocadors, cal pagar una certa quantitat de diners que varia depenent de la quantitat a dipositar i les diferents taxes establertes per a aquest tipus de residus.

D'aquesta manera, no s'aprofiten els materials que formen aquests residus, suposant una gran despesa per les administracions i un major impacte ambiental.

1.2. Objecte general del projecte

L'objecte del present projecte és fer un recull de les informacions conegudes pel que fa a residus de neteja viària, caracteritzar físicament aquests residus al nostre país i determinar-ne possibles vies de valorització segons diversos aspectes.

S'estudiarà la composició física que caracteritza els residus de neteja viària recollits en dos municipis; un poble i una ciutat; amb la finalitat de detectar-hi possibles diferències i conèixer el seu potencial de valorització.

Per altra banda i sabent prèviament les possibilitats de valorització i les quantitats generades d'aquests residus, es tractarà de valorar la viabilitat econòmica de l'aprofitament dels materials que formen aquests residus, per a cada cas.

1.3. Antecedents

En els darrers anys, hi ha diversos països que tracten d'aprofitar els residus que es recullen a través de la neteja viària amb diverses finalitats, que varien segons les seves necessitats i les característiques dels materials recollits.

Seguint les tendències actuals i futures de minimització en la generació de residus i aprofitament, aquest tema sembla destinat a parlar-se durant els propers anys. Aquest fet és el que ha motivat l'elaboració d'aquest projecte.

El projecte s'ha dut a terme en col·laboració amb l'empresa "Ambiens S.L", l'Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona (EUETIB) i l'Escola d'Enginyeria d'Igualada (EEI) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

L'empresa "Ambiens S.L" es dedica principalment a la gestió de recursos ambientals i està ubicada a la província de Barcelona, concretament al municipi d'Òdena, pertanyent a la comarca de l'Anoia.

1.4. Abast del projecte

L'abast d'aquest projecte inclou diversos aspectes. Primerament, el recull d'informació i estudis referents als residus de la neteja viària per tal de conèixer altres experiències.

Seguidament, es porta a terme la caracterització física dels residus de neteja viària recollits en un municipi d'aproximadament 6.000 habitants (Artés) i en un altre proper als 40.000 habitants (Igualada).

Finalment, es fa un petit estudi de viabilitat tenint en compte la composició dels residus i les quantitats generades, per determinar si és viable o no fer una operació de tractament a aquest tipus de residus en els municipis analitzats, per tal de valoritzar-ne els materials que els formen.

L'estudi no entra a fer la seva caracterització química, que determinaria els nivells de contaminants que puguin tenir algunes de les fraccions que els formen i, per tant, les opcions d'aprofitament real.

1.5. Experiències anteriors en altres països

Amb la finalitat de conèixer altres experiències anteriors pel que fa a la valorització de part dels residus provinents de la neteja viària, s'ha fet un recull de les més significatives a nivell internacional.

Amb això, es pretén donar una base de coneixement de la situació actual i conèixer les línies generals que s'han seguit i es segueixen per al reaprofitament d'aquests materials recollits.

A continuació es comenten alguns dels exemples que podem trobar a nivell internacional.

1.5.1. Estats Units

Estat d'Indiana

En aquest estat dels Estats Units, Indiana, tenen procediments per recollir, emmagatzemar, processar i valoritzar aquests residus per tal de protegir el medi ambient, prevenint la contaminació de les aigües subterrànies, aigües superficials i el sòl i garantir un estalvi econòmic.

Disposició dels residus

Els municipis i altres entitats que s'encarreguen de la neteja viària han de tenir un pla per tal de disposar correctament els residus recollits. En el cas d'aquesta regió, si l'entitat és encarregada del tractament de les aigües pluvials a través d'una planta, també té les competències per separar els residus viaris.

La opció més comuna però és la de disposar els residus a un abocador de residus sòlids urbans ja que, normalment, no contenen substàncies perilloses.

Emmagatzematge

Els residus s'emmagatzemen durant un temps abans de ser eliminats o reutilitzats.

Aquest emmagatzematge es duu a terme amb contenidors coberts o tapats amb materials impermeables per tal d'evitar que es puguin volatilitzar o ser expulsats pel vent com a pols.

És important que l'emmagatzematge no es faci a prop de cursos d'aigua o aiguamolls per tal d'evitar la seva contaminació.

Valorització dels materials

La valorització dels residus provinents de la neteja viària ha de complir unes regulacions per tal de poder-se fer efectiva. En el cas d'aquest estat, és la "Indiana's Solid Waste Regulations (Indiana Administrative Code, 329 IAC 10 i 329 IAC 11)".

Els usos que es donen reutilitzant aquests residus estan bàsicament limitats a aplicacions industrials o comercials on es pugui garantir que el contacte directe que hi puguin tenir els humans és mínim.

Els principals usos que se'n donen són:

- En operacions de compostatge, com agent de càrrega, fent inspeccions periòdiques del compost final per avaluar-ne la seva seguretat.
- En els abocadors sòlids urbans, com a cobertura per tal de tancar els residus que allà es dipositen i evitar els incendis, les olors, la compactació dels materials i també evitar que aquests puguin ser enduts pel vent. És el que s'anomena "Alternative Daily Cover" (ADC).

Qualsevol altre ús que se'n vulgui donar ha d'estar aprovat per la IDEM (Indiana Department of Environmental Management) i sempre i quan no suposi un perill per la salut de les persones i el medi ambient.

Molts dels usos aprovats requereixen que es separin els diferents components que hi podem trobar. Per exemple, els materials que s'hi trobin de metall, paper o vidre es reciclen en els seus respectius llocs.

Font: (Indiana Department of Environmental Management sense data)

Estat de Massachusetts

A Massachusetts, concretament a la ciutat de Natick, amb una població de 33.006 habitants, segons dades de l'any 2010 (Town of Natick 2013), també els hi donen una utilització posterior als residus que provenen de la neteja viària. Les operacions que es fan amb aquests residus estan controlades pel departament de medi ambient de l'estat, anomenat "Department of Environmental Protection".

La ciutat va portar a terme una prova pilot a l'any 2004 per tal de fer evident que els residus procedents de l'escombrat es podien reciclar i reutilitzar per tal que la ciutat s'estalviés recursos econòmics i reduís l'impacte ambiental evitant de portar tantes tones de residus a l'abocador.

En aquest cas, la majoria de residus provenen de la sorra que es tira durant l'hivern als carrers i carreteres.

Valorització dels materials

Els residus d'escombrat estan considerats com a sòlids i provenen bàsicament de la sorra i sal que es tira a les carreteres i carrers durant l'hivern. Aquests, després de passar els tests químics corresponents, s'utilitzen per a dues finalitats bàsiques:

- Cobriment als abocadors de residus sòlids, per evitar incendis, les olors, la compactació dels materials i evitar que aquests puguin ser enduts pel vent.
- La sorra provinent de la neteja viària es barreja amb matèria orgànica vegetal compostada per tal de crear productes fertilitzants i substrats per al creixement de vegetació en diverses aplicacions, com ara la clausura d'abocadors o pedreres o arreglar els marges de les carreteres.

La ciutat va establir unes normes anomenades "Beneficial Use Regulations" per tal de poder determinar quines característiques havien de tenir els residus per poder ser barrejats amb compost i utilitzar la mescla per a les finalitats esmentades.

Impacte econòmic

Anualment, a la ciutat, es recullen entre 910 i 1.300 tones d'aquest tipus de residus.

Costos generats amb la gestió tradicional

Els costos de gestionar els aquest tipus de residus de la manera tradicional són els que es detallen a continuació:

- Entrada de residus de neteja viària a l'abocador: \$20/tona
- Transport fins a l'abocador: \$10/tona
- Excés de compost no aprofitable generat per la ciutat anualment: \$6.000/any

Així doncs, segons aquestes dades es pot determinar que el pressupost anual que hi destina la ciutat va de \$33.300 a \$45.000 depenent de si se'n generen 910 o 1.300 tones, respectivament.

Costos generats el primer any de la nova gestió

- Creació del "Beneficial Use Determination Application", que en determina les característiques necessàries per a la valorització: \$25.000
- Analítiques anuals per a garantir-ne la qualitat: \$7.000/anuals
- Materials diversos per a la mescla del compost amb les sorres recollides: \$1.000/anuals

Segons aquestes dades, el cost total del programa esta format per una inversió inicial de \$25.000 i uns costos anuals de \$8.000 aproximadament.

D'aquesta manera, durant el primer any ja es cobreix la inversió inicial i al següent ja es tenen uns beneficis nets de \$25.300 anuals considerant que se'n generen 910 tones anuals. En cas que se'n generin més, el benefici anual encara és major.

Conclusions

Actualment, la ciutat és partidària de fer més escombrats ja que d'altra manera, molts dels residus viaris van a parar als embornals i això té uns costos addicionals i un impacte ambiental més gran degut a la major dificultat de retirar aquests residus un cop entrats en aquest tipus d'instal·lacions.

Amb aquests procediments, s'ha aconseguit reutilitzar els residus de l'escombrat i també els residus vegetals compostats.

Font: (Edward i Collins 2009)

1.5.2. Regne Unit

Anglaterra

En el cas d'Anglaterra, els residus provinents de l'escombrat viari poden ser emmagatzemats temporalment sense estar sotmesos a les directives europees "Waste Framework Directive".

Valorització dels residus

Si no se'ls hi ha fet cap tipus de tractament, poden ser utilitzats per:

- Com a capa final en processos de restauració als abocadors. Sempre i quan les seves característiques físiques i químiques ho permetin segons els criteris definits pel marc europeu "Council Decision annex 2003/33/EC".

Per assecar aquests residus no es necessita un permís mediambiental. El permís es necessita en el cas que se'ls hi hagin de fer altres operacions per tal de reutilitzar-lo, com per exemple, filtratges i rentats.

Si només s'assequen, continuen sent residus sota el codi corresponent.

Operacions de compostatge

Els residus no tractats no s'acostumen a utilitzar per a compostar degut a que poden contenir materials no biodegradables i certs contaminants. En general, els residus marcats amb el codi 20 03 03 (codi europeu pels residus de neteja viària), no s'utilitzen per a compostar.

Si els residus dels parcs i jardins es recullen per separat, amb codi 20 02 01, es poden fer servir per a compostar sota els corresponents permisos.

Si els residus no han estat barrejats amb residus potencialment contaminants i compleixen els protocols de materials d'entrada per poder fer compostatge. El més probable però, és que aquests residus continguin metalls pesants, de manera que no serveixin per fer compost de qualitat utilitzable en horticultura o agricultura.

Si se'ls hi fa un tractament biològic en una planta de tractament, els residus passaran a ser catalogats al capítol 19 del codi europeu de residus, que es comenta en apartats següents. Aquest compost però, no serà un compost de qualitat de manera que han d'anar separats d'altres compostos de qualitat i el seu ús final està restringit. No podran ser utilitzats per a l'agricultura excepte en casos molt concrets.

Tractament

Si els hi fem un tractament físic o biològic als residus, de manera que aconseguim canviar les seves característiques, aquests residus poden ser descatalogats com a

residus amb codi 20 03 03 i ser catalogats com a residus provinents de plantes de tractament.

Pel que fa al seu tractament, poden ser tractats mecànicament i/o biològicament per tal de recuperar diverses fraccions com: orgànica, pedres, sorra i d'altres materials. Tal i com s'ha comentat anteriorment, aquesta classificació es farà llavors seguint el capítol 19 del codi de residus europeu.

Restauració de terres

El residu podrà ser utilitzat per aquesta finalitat quan, després d'un tractament mecànic, pugui ser catalogat al capítol 19 del codi de residus i es tingui els permisos corresponents.

Font: (Environment Agency 2012)

Irlanda del nord

En aquest país ja fa anys que es considera el tema de la recuperació dels materials procedents de la neteja viària com un tema important a considerar per a la minimització de la generació de residus.

Una de les empreses pioneres és l'anomenada "CDEnviro" dedicada a la gestió de residus i amb àmplia experiència anterior en el món de la separació de materials de la construcció i tractament d'aigües residuals.

Aquesta empresa ha creat una maquinària específica destinada a la recuperació d'aquests tipus de residus.

Valorització

L'agència mediambiental del país ha dictat una sèrie de normes que marquen una pauta per als materials que es poden recuperar i en quina aplicació, dependent de si aquests han passat per un procés de tractament o no.

Les vies de valorització que tenen els materials que han estat tractats són:

- Utilització per a rebliments de terres.
- Ser venut com a producte reciclat tenint els permisos.
- Utilització per a compostar.
- Utilització com a substituïts de sòl i agregats.

Per altra banda, les vies de sortida que tenen els materials que no han estat tractats és la de ser portats en abocadors de residus no perillosos.

Font: (Empresa CDEnviro sense data)

1.6. Empreses pioneres en el tractament de residus de neteja viària

A continuació es presenten dos casos relacionats amb empreses que són pioneres avui en dia pel que fa a la valorització dels residus que provenen de la neteja viària.

1.6.1. Empresa "Veolia Environmental Services"

Aquesta empresa multinacional està dedicada a solucions ambientals, de manera que ofereix tota mena de serveis relacionats amb tractament de residus, aigües i gestió energètica.

Des de l'any 2013, al Regne Unit, aquesta empresa hi ofereix un servei de tractament de residus de neteja viària a diverses ciutats com per exemple Birmingham o Shropshire, entre d'altres.

Beneficis

Els beneficis que s'obtenen a través d'aquesta acció són els següents:

- Evitar que entre un 85 i 90% dels residus d'aquest tipus vagin a parar a l'abocador.
- Obtenir un material que es pugui fer servir per a fer rebliments de terres.
- Disminuir la generació de residus a través d'aquest aprofitament i per tant, contribuir a disminuir l'impacte ambiental.

Mètode

El procés bàsic utilitzat en la planta de tractament per a la separació d'aquest residus consisteix en dues fases principals.

La primera fase consisteix en garbellar els residus per tal de separar els residus més voluminosos de la resta, com ara les branques i fulles, envasos, plàstics i paper i cartró.

Per aconseguir-ho, entre d'altres sistemes, també s'ajuda de separadors magnètics amb la finalitat de extreure'n les llaunes i materials ferrosos.

D'aquesta manera és possible separar les partícules de sòl de diferents granulometries (bàsicament llims, sorres i graves) dels altres materials. Seguidament, tota aquesta part de materials passa per un procés de rentat per tal de deixar-los lliures de substàncies contaminants.

Així doncs la separació queda de la següent manera:

- Llaunes i plàstics: aquesta fracció es porta a reciclar.
- Branques i fulles: d'aquesta fracció se'n fa compost.

- Llims, sorres i graves: aquesta part s'asseca mitjançant una assecadora centrífuga i es destina a rebliments de terres i per a agregats en la construcció.

Resultats

Després d'aquest procés, les fraccions que en surten de planta són les següents:

- Matèria orgànica per a compostar: 10%.
- Graves per a la utilització com a agregats: 20%.
- Metalls fèrrics: 0,1%.
- Llims i sorres: 60%.
- Residus barrejats: 5%.
- Lixiviats: 5%.

El funcionament d'aquesta maquinària es pot veure consultant els vídeos dels enllaços que es troben a l'Annex 17.

Font: (Veolia Environmental Services. Ling Hall Landfill Site sense data)

1.6.2. Empresa "CDEnviro"

Aquesta empresa nord irlandesa ha creat una maquinària innovadora per al reciclatge dels residus de neteja viària aprofitant el seu coneixement anterior en separació de materials de la construcció i altres minerals i tractament d'aigües residuals, treballant com a divisió de l'empresa CDE Global Ltd.

Aquest 2015, aquesta empresa ha implantat una planta de tractament a la ciutat de Melbourne a Austràlia, concretament a l'empresa de serveis mediambientals i d'infraestructures "Citywide".

A continuació es donen algunes dades de les millores que ha aportat aquesta iniciativa, els mètodes utilitzats i els resultats aconseguits.

Beneficis

Alguns dels beneficis més destacats són els següents:

- S'aconsegueix que entre el 55 i el 80% dels residus de neteja viària no vagin a parar a l'abocador.
- Donar sortida a tots els materials que són aprofitables, segons els mercats de materials recuperats.
- Disminuir l'impacte ambiental.

Mètode

El mètode de separació dissenyat per aquesta empresa consisteix en un conjunt de tècniques de separació mitjançant maquinària que aconsegueix classificar els materials segons la seva mida i pes.

Els materials també passen un procés de rentat mitjançant un producte químic biodegradable que elimina els metalls pesants que puguin contenir aquests residus.

Resultats

Un cop fet tot el procés de tractament, els materials que es recuperen per a ser utilitzats són els següents:

- Sorra i grava utilitzada per a la producció d'asfalt que fa la mateixa empresa que encarrega el projecte (Citywide).
- Metalls fèrrics, que es poden recuperar a les plantes metal·lúrgiques.
- Matèria orgànica per a fer compost utilitzable en diverses aplicacions com ara substrats o adobs.
- Llims i sorres de petita granulometria utilitzades per a la construcció.
- Altres residus reciclables com ara envasos, paper i cartró, etc.

Font: (Citywide. Street sweeping recycling plant. sense data)

1.6.3. Empresa "Siltbuster Group"

Aquesta empresa, ubicada també al Regne Unit, ha dissenyat i fabricat una sèrie de maquinària anomenada "Gritbuster" enfocada al tractament dels residus que es recullen amb les activitats de neteja viària, amb la finalitat de minimitzar la quantitat d'aquest tipus de residus que s'acaben portant a l'abocador.

Beneficis

S'ha de tenir en compte que el contingut i la quantitat de residus de neteja viària depèn de molts factors, com ara el vehicle utilitzat per a recollir-los, el mètode de neteja, la situació del lloc de neteja, la meteorologia i per tant, també l'època de l'any.

Dit això, l'experiència d'aquesta empresa és que generalment els valors de recuperació es mouen entre:

- Entre un 60 i un 75%; que consisteix principalment en sorres i graves.

- El tant per cent restant es reparteix entre: partícules minerals de majors dimensions, fulles, branques, matèria orgànica de petites dimensions, envasos, paper, etc.

Mètode

El procés utilitzat en aquest tipus de maquinària comprèn les accions següents:

- Rentat i separació mecànica de les sorres i les graves.
- Separació de les fraccions de majors dimensions.
- Recuperació de la matèria orgànica fina i les sorres.
- Separació de les fraccions més fines (argiles i llims) a través de la floculació o separació per gravetat.
- Deshidratació dels fangs.
- Reciclatge de l'aigua utilitzada per al rentat.

Resultats

A través d'aquest tractament és recuperen els materials següents:

- Sorres i graves, de 0,1 mm fins a 10 mm.
- Matèria orgànica fina, d'1 mm a 10 mm.
- Diversos materials com ara llaunes, plàstics i papers, matèria orgànica i matèria mineral de dimensions superiors a 10 mm.

Així com en el cas anterior, el funcionament d'aquesta maquinària també es pot veure consultant els vídeos dels enllaços que es troben a l'Annex 17.

Font: (Siltbuster sense data)

1.7. Estratègia Catalana Residu Zero

1.7.1. Introducció

L'Estratègia Catalana de Residus i Emissió Zero (ECRZ) es va constituir el 2011 a través de diverses institucions i administracions locals, empreses, universitats i entitats socials.

Es tracta d'una iniciativa nascuda de la necessitat d'un replantejament dels sistemes de producció i consum, per tal de considerar els residus com a recursos susceptibles de ser valoritzats.

Aquesta iniciativa planteja la formulació de noves propostes de caire polític i tècnic per tal d'aconseguir un canvi en els models de gestió dels residus i la contaminació, reformant la visió industrial i els sistemes de producció i consum de manera que concordin més amb aquesta nova visió.

El present projecte, es fonamenta precisament en aquesta idea, és a dir, impulsar estratègies i models que evitin la generació de residus, rebutjant els tractaments finals en abocador o incineradora a través de la valorització.

1.7.2. Objectius de l'ECRZ

Els objectius generals que marquen els criteris d'actuació de la iniciativa són els següents:

- Evitar la generació de residus sempre que sigui possible.
- Reciclar, reutilitzar o compostar els residus evitant la seva disposició en abocadors o plantes incineradores.
- Crear una economia circular on tots els residus puguin ser transformats en matèria primera.
- No comercialitzar productes que no puguin ser reciclats o reutilitzats a través d'una tecnologia sostenible viable.
- Eliminar les emissions de CO₂ que s'emeten durant la gestió dels residus.
- Crear productes amb una política integrada que sigui sostenible.

1.7.3. Residus sòlids urbans en l'ECRZ

Els residus sòlids urbans juguen un paper important en els objectius d'aquesta estratègia ja que són els que tenen un abast més ampli. La seva gestió depèn de tota la societat: ciutadans, empreses, municipis, administracions, universitats i entitats diverses.

D'aquesta manera, aquest tipus de residus ocupen un lloc estratègic. L'administració hi hauria d'actuar i promoure una política activa que fomentés la prevenció de la contaminació evitant la generació de residus i incrementant la seva valorització.

Font: (Estratègia Catalana Residu Zero sense data)

1.8. Els residus sòlids urbans o municipals

1.8.1. Definició

Els residus sòlids urbans (RSU) són els que es generen a partir de les activitats dels nuclis de població, tenint en compte que no només són els que provenen dels domicilis

sinó que engloben tot el conjunt de les activitats generadores de residus dins l'àmbit urbà i les seves zones d'influència.

Aquest tipus de residus estaven definits per la Llei 10/1998, de 21 d'Abril, de residus, que va ser derogada per la Llei 22/2011, de residus i sòls contaminats. Es definien com "*Los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.*"

La Llei vigent 22/2011, de 28 de Juliol, de residus i sòls contaminats, ja no defineix els residus sòlids urbans com un grup sinó que defineix separatament els residus domèstics, els comercials i els industrials.

Font: (Agencia Estatal. Boletín Oficial del Estado. 2011)

1.8.2. Classificació segons origen dels residus sòlids

Una classificació útil dels residus sòlids es fa segons el seu origen. Per tal de dissenyar una bona gestió d'aquests, és indispensable conèixer l'origen; saber quina és la seva composició i quines en són les quantitats generades.

De manera general, els residus sòlids es poden classificar en els següents grups:

- Residus domèstics
- Residus comercials
- Residus institucionals
- Residus de la construcció i demolició
- Residus de serveis municipals
- Residus industrials
- Residus agrícoles

Pel que fa als residus sòlids urbans, que són els que es generen a l'àrea urbana i la seva zona d'influència, estan formats per tots els grups anteriors excepte els residus industrials i els agrícoles.

1.8.3. Classificació segons origen dels residus sòlids urbans (RSU)

A la taula de la pàgina següent hi podem veure una classificació dels RSU segons el seu origen.

Cal dir que aquests tipus de residus es poden classificar en diversos grups, de manera que la classificació que es presenta aquí no és exhaustiva i, segurament, s'hi podrien incloure d'altres tipus.

Taula 1. Classificació dels residus sòlids urbans.

Font de residus	Activitat o localització de la generació dels residus	Tipus de residu
Domèstica	Habitatges aïllats i blocs d'habitatges.	Restes de menjar, paper i cartró, plàstics, tèxtils, cuir, fusta, vidre, llaunes, metalls fèrrics i no fèrrics, mobles, electrodomèstics, medicaments, olis, piles, bateries, productes de neteja, restes de jardineria, etc.
Comercial	Botigues, restaurants, mercats, oficines, hotels, gasolineres, etc.	Paper i cartró, plàstics, fusta, vidre, llaunes, metalls fèrrics i no fèrrics, mobles, medicaments, olis, piles, bateries, residus peril·losos, residus especials etc.
Institucional	Residus generats en les diverses institucions públiques com ara escoles, administracions, etc.	La mateixa composició que els comercials.
Construcció i demolició	Arranjament de carrers, demolició, construcció de nous edificis, etc.	Fustes, ferros, pedres, grava, formigó, plàstics, guix, peces diverses d'instal·lacions d'aigua, electricitat o gas, etc.
Serveis municipals	Neteja viària, paisatgisme, neteja de platges i parcs, etc.	Escombraria viària, residus especials, restes de poda, residus de parcs i platges.

Font: elaboració pròpia.

Residus domèstics i comercials

Són els que provenen de les diferents activitats de la vida comunitària. Normalment tenen unes dimensions fàcilment manejables i es troben en recipients com bosses o

contenidors. Tindran una composició física i química diferent depenent de si han estat recollits a una zona rural, residencial, comercial, industrial o de mercats.

En aquest apartat també s'hi poden incloure els residus que tenen unes dimensions majors i que són més difícils de recollir pels serveis de recollida normals. Alguns exemples en serien els mobles i electrodomèstics.

Aquest tipus de residus estan formats bàsicament per una part orgànica (combustible) i una part inorgànica (incombustible). Pel que fa a la part combustible, hi trobem principalment restes de menjar, paper, cartró, diferents plàstics, tèxtils, cuir, fusta, restes de jardí, etc.

Per altra banda, a la part incombustible, s'hi troben materials com el vidre, llaunes, alumini, materials fèrrics, etc.

Residus especials

Quan parlem de residus especials dins dels residus d'origen domèstic i comercial, ens referim principalment a: electrodomèstics, articles voluminosos, residus de jardí, bateries i piles, olis i neumàtics.

Residus perillosos

Es tracta dels residus considerats com a una amenaça per a la salut pública i els organismes vius en general.

Segons la normativa estatal, serà residu perillós tot aquell que presenta una o diverses de les característiques enumerades a l'annex III de la Llei 22/2011, de 28 de juliol, de residus i sòls contaminats.

En línies generals, es considera que aquests tipus de residus constitueixen un perill pels motius següents:

- Són residus no degradables.
- Es poden acumular biològicament.
- Poden causar efectes perjudicials de manera acumulativa o a llarg termini.
- Poden arribar a ser letals.

Residus institucionals

Els residus institucionals estan formats pels residus sòlids que provenen de diverses instal·lacions com, per exemple, hospitals, escoles, centres penitenciaris o centres governamentals.

Es pot afirmar que els residus sòlids que es generen en aquests llocs tenen una composició molt semblant als residus sòlids domèstics i comercials, amb l'excepció dels residus sanitaris que provenen dels hospitals.

Residus sanitaris

Dins aquest grup s'hi troben els residus que han estat generats en els diversos centres, serveis i establiments sanitaris.

A Catalunya, aquest tipus de residus es classifiquen en quatre grups segons la seva perillositat biològica; que a la vegada es poden definir en dos grans grups:

a) Residus sense risc

Grups I i II: són els grups dels residus que es poden considerar de la mateixa composició que els residus municipals.

b) Residus de risc

- Grup III: els residus d'aquest grup han de passar un tractament d'esterilització i trituració per a ser assimilats posteriorment com a residus municipals.

En aquest grup hi trobem residus infecciosos, sang, agulles, vacunes i cultius infecciosos, entre d'altres.

- Grup IV: es tracta dels residus especials no inclosos en el grup III. Són els residus tipificats amb normatives singulars com: medicaments caducats, restes de substàncies químiques, residus radioactius i altres.

Es tracten mitjançant incineració o disposició en llocs controlats, com en el cas de residus radioactius.

Residus de construcció i demolició

Aquest tipus de residus són els que es generen en les activitats de nova construcció, renovació/reparació de carreteres, demolició d'edificis, etc.

Les quantitats que es generen d'aquest tipus de residus i la seva composició són variables i, per tant, difícils de predir.

Els residus de construcció fan referència als que es generen a partir de la nova construcció i remodelació d'habitatges, edificis comercials i d'altres construccions. Per altra banda, els residus de demolició són els procedents de les obres en els carrers i demolició d'edificis, principalment.

Residus de serveis municipals

Els residus que provenen del conjunt de serveis municipals són generats durant les diverses operacions de manteniment que es duen a terme en un municipi.

Cal destacar, entre aquest conjunt d'operacions, el servei de neteja de carrers i el de manteniment de parcs i jardins.

Així doncs, els residus de la neteja viària, objecte d'estudi d'aquest projecte, es classifiquen dins d'aquest grup de residus.

1.9. Neteja viària

1.9.1. Introducció

La neteja viària és una necessitat actual per a tots els pobles i ciutats. Es tracta de la recollida dels residus que trobem a les vies públiques, platges i zones verdes amb l'ajuda de les corresponents màquines i operaris.

No es tracta d'una qüestió purament estètica sinó que també contribueix a la protecció ambiental. Tot i així, s'hauria de tenir més en compte en quin moment s'ha de fer servir aquests tipus de maquinària i amb quina finalitat, ja que el seu ús indiscriminat pot comportar efectes contraproductius, que analitzarem més endavant.

1.9.2. Serveis de neteja viària

A cada municipi hi ha diversos serveis que s'inclouen dins el grup de la neteja viària. En general, aquests tipus de serveis es divideixen en dos grans grups que són: escombrat i neteja amb aigua a pressió.

Com a complement d'aquests dos grans grups hi trobem altres serveis, que es consideren complementaris, que són: recollida de residus mitjançant papereres i recollida d'excrements d'animals en els llocs habilitats.

Taula 2. Tipus de serveis de neteja viària.

Tipus de serveis de neteja viària					
<i>Escombrat</i>	<i>Neteja amb aigua a pressió</i>		<i>Buidatge de papereres</i>	<i>Recollida d'excrements</i>	<i>Serveis especials o altres</i>
Escombrat manual	Manual	Mecànica	Recollida de residus en els diversos tipus de papereres	Recollida d'excrements d'animals en zones i papereres específiques	Serveis de neteja per a activitats que necessiten d'una actuació especial
Escombrat mecànic					
Escombrat mixt					

Font: elaboració pròpia.

A continuació s'introdueixen aquest tipus de serveis de neteja viària:

- **Escombrat:** en línies generals, consisteix en la retirada dels residus que es troben als nuclis de població o la seves zones d'influència mitjançant diverses tècniques d'escombrat que van des de la feina d'un operari amb un carretó porta

bosses i una escombra, fins a una parella d'operaris amb una màquina d'escombrat i un bufador per anar facilitant la recollida dels residus per part de la màquina.

El present projecte fa incidència dins d'aquest tipus de neteja viària del qual se n'amplia la informació en els següents apartats. Concretament dins de l'escombrat mixt.

- **Neteja amb aigua a pressió:** aquest tipus de servei consisteix en arrancar els residus que es troben dipositats a la superfície viària mitjançant un raig d'aigua a pressió, amb la finalitat de dirigir-los cap a l'embornal més proper.

Aquest tipus de neteja pot ser:

- Manual: si el raig a pressió s'obté a partir d'una mànega connectada a la xarxa d'aigua de la ciutat.
 - Mecànica: si l'aigua a pressió s'obté a partir de la bomba a pressió d'un equip dotat d'una cisterna.
- **Buidatge de papereres:** és un servei que consisteix en el buidatge de les papereres que es troben repartides pels nuclis de població i les seves zones d'influència. Aquests tipus de residus haurien de recollir-se per separat dels que es recullen mitjançant l'escombrat amb la finalitat de facilitar la separació en origen. Tot i així, no sempre es fa d'aquesta manera.
 - **Recollida d'excrements:** es tracta de la recollida d'excrements dels animals en les papereres habilitades per llençar aquests tipus de residus.
 - **Serveis especials o altres:** aquests tipus de serveis són els formats per tot un conjunt d'actuacions de suport que s'han de dur a terme per tal de cobrir una necessitat de neteja.

Algunes d'aquestes actuacions són:

- Neteja de paviments.
- Neteja de façanes.
- Neteja de mobiliari urbà.
- Neteja de fonts i monuments.
- Neteja de zones industrials i solars.

1.9.3. Servei d'escombrat

El servei d'escombrat és el que genera els residus que són objecte d'aquest estudi degut a que és el què, en general, genera un volum de residus més elevat i la seva composició és més interessant de cara a les possibles vies de valorització.

L'escombrat dels municipis es basa principalment en la retirada dels residus que es troben en els paviments dels carrers i places mitjançant diferents tècniques, que es divideixen en:

- Escombrat manual.
- Escombrat mecànic.
- Escombrat mixt.

a) Escombrat manual

L'escombrat manual consisteix en la no utilització de maquinària per tal de recollir els residus. Les característiques de la zona on s'utilitza aquest mètode fan que sigui difícil l'accés de maquinària degut als obstacles de la via pública i els carrers estrets.

Aquest tipus d'escombrat pot fer-se de les maneres següents:

Escombrat manual individual

El tipus d'escombrat manual individual està realitzat per un sol operari que pot desplaçar-se a peu o amb un vehicle.

Si es desplaça a peu, l'operari ha de disposar d'un carro on hi porti l'equipament necessari per fer la seva feina juntament amb uns contenidors per a dipositar els residus que va recollint.

Per altra banda, si el desplaçament és amb vehicle, l'operari porta l'equipament de neteja i disposa d'una major capacitat de desplaçament i una major capacitat de càrrega de materials.

Escombrat manual en brigada

En aquest cas es mobilitza un grup de dos operaris com a mínim, per tal de cobrir una zona més àmplia que no és possible cobrir només amb un, degut a les grans dimensions de la zona, característiques del paviment o quantitat de residus a recollir, que fan difícil que la feina pugui ser realitzada per un sol operari.

Per a aquest tipus de servei, normalment s'utilitza un vehicle dotat de cabina i caixa per tal de transportar el material de neteja i els residus recollits. Pot ésser que aquest vehicle sigui de grans dimensions, com per exemple un camió.

Equipament utilitzat

L'equipament bàsic general utilitzat en el tipus de recollida manual és el següent:

Taula 3. Equipament de l'escombrat manual.

Eina, màquina o vehicle	Funció
Escombra	L'escombra es fa servir per tal d'arrencar els materials del paviment. Generalment tenen una durada de 30 a 45 jornades laborals.
Pala recollidora	La seva funció és la de recollir els residus que es van amuntgant amb l'escombra.
Carro	Els carros s'utilitzen per a transportar els estris dels operaris i per a dipositar-hi els residus recollits en els respectius compartiments.
Carro motoritzat	Aquest tipus de vehicles s'utilitzen per a desplaçar els operaris dels punts on netegen fins a la descàrrega, transportant els residus recollits i els estris.
Camió	S'utilitzen per quan s'han de mobilitzar més de dos operaris i necessiten bona capacitat de càrrega. La caixa del camió ha de ser basculant i tenir una capacitat de càrrega d'entre 3 i 5 m ³ .

Font: elaboració pròpia.

Aplicacions

El tipus d'escombrat manual es realitza en llocs concrets que normalment són de difícil accés amb la màquina, ja sigui per la presència de cotxes estacionats o per la pròpia distribució de l'espai en els carrers o places.

Aspectes importants a tenir en compte

Els residus de neteja viària tenen una composició molt diferent a la que tenen els residus que es generen en els domicilis. Per tal de poder separar els residus de neteja viària

dels altres residus sòlids urbans i així contribuir a una separació en origen i una posterior valorització d'aquests residus, és important que els operaris no llencin els residus als contenidors de recollida de residus urbans quan la capacitat dels contenidors mòbils que porten arriben al seu límit, sinó que vagin a buidar-los en els punts de recollida específics.

D'aquesta manera, s'aconsegueix no interrompre els canals de reciclatge dels residus domèstics i en un futur pròxim, també afavorir la valorització dels residus de la neteja viària, que és l'objecte d'estudi d'aquest projecte.

b) Escombrat mecànic

La neteja amb escombrat mecànic és la que utilitza una màquina autopropulsada i conduïda per un operari. Aquest tipus de màquines tenen uns raspalls i un sistema de càrrega dels residus que s'utilitzen per a escombrar els carrers i voreres.

Tipus de màquines escombradores

- Màquines d'arrossegament

És el tipus de màquina que funciona arrancant de terra els residus mitjançant un conjunt de raspalls. Amb l'ajuda d'aquests raspalls davanters, col·loca els residus al centre de la màquina i els humidifica mitjançant uns ruixadors que eviten l'aixecament de pols.

Seguidament, uns raspalls posteriors, recullen els residus i els porten cap a una cinta transportadora que es dirigeix a la caixa d'emmagatzematge.

L'amplada d'escombrat i d'altres sistemes són regulables amb la finalitat que la màquina es pugui adaptar a les característiques del terreny on ha d'actuar.

Aquest tipus de màquines s'utilitzen per a netejar en zones en que hi ha una major quantitat de residus, sense tenir en compte les sorres i materials de granulometria petita sobre els quals aquest tipus de màquines són poc efectives.



Figura 1. Màquina d'arrossegament.

- Màquines d'aspiració

Són les màquines que funcionen mitjançant un sistema d'aspiració per recollir els residus enlloc d'una cinta transportadora. Aquest tipus de màquina s'utilitza quan el nivell de brutícia es menor i es vol un millor acabat. Es podria dir que les màquines d'aspiració són més efectives que les d'arrossegament pel que fa a la recollida de materials de dimensions més petites, ja que utilitzen el sistema d'aspiració.

El funcionament bàsic de la màquina és el següent: els raspalls concentren els residus a sota del conducte d'aspiració, on són aspirats i es dirigeixen al dipòsit, on s'emmagatzemen. Per tal de facilitar la recollida i evitar l'aixecament de pols, també disposa d'un sistema d'humidificació.

Pel que fa a la seva descàrrega, pot efectuar-se a través de l'elevació de la caixa i l'expulsió dels residus mitjançant una placa d'ejecció. Algunes màquines d'aquest tipus descarreguen mitjançant el bolcament de la caixa. En aquest cas, al haver de bolcar els residus directament sobre el terra, han de fer-ho directament a una planta de transferència o al dipòsit final de residus.



Figura 2. Màquina d'aspiració.

Aplicacions

L'escombrat mecànic s'utilitza principalment per a la neteja de carrers i places que tinguin un paviment continu i lliure d'obstacles. D'aquesta manera, per tal d'oferir un servei més efectiu, s'estableix una classificació dels carrers per tal de conèixer quina és la maquinària més efectiva per a cada cas.

Limitacions

- Neteja de zones on hi ha vehicles estacionats.
- Característiques de les voreres: dimensions, presència d'obstacles de mobiliari urbà i accés.
- Característiques dels paviments: limitada a paviments uniformes.

c) **Escombrat mixt**

Aquest tipus d'operació barreja el mètode d'escombrat manual i el d'escombrat mecànic per assolir el que es considera la neteja més eficient en neteja viària, a criteri general.

Consisteix en l'acció conjunta d'una brigada d'operaris (com a mínim 2 operaris) amb estris de neteja manual i una màquina d'escombrat que va recollint els residus que van amuntant els operaris dins la seva franja d'acció. També és comú la utilització de bufadors per a ajudar a amuntar els residus, encara que s'ha de tenir en compte on s'utilitza aquest mètode per tal d'evitar l'aixecament de pols.

Aquest escombrat és especialment útil en els carrers on hi hagin vehicles estacionats o voreres àmplies on els obstacles no permetin l'accés de la màquina. Aquesta màquina, acostuma a ser d'aspiració ja que és la que funciona millor en aquest tipus de recollida.

Tipus d'escombrat mixt

En general, aquest tipus d'escombrat pot fer-se de dues maneres, que són:

- Màquina circulant per la calçada

En aquest cas, un o més operaris fan un escombrat manual de l'acera i concentren els residus al mig del carrer amb la finalitat que un altre operari, equipat amb una màquina escombradora, vagi recollint els residus dipositats.



Figura 3. Escombrat mixt en calçada.

- Màquina circulant per la vorera

Un o més operaris se n'encarreguen d'anar recollint els residus dels racons de difícil accés de la vorera per a l'escombradora i anar-los dipositant a la franja de vorera per la qual hi circula la màquina.

Òbviament, aquest tipus d'acció s'acostuma a fer en voreres que tenen les mides suficients per poder fer la neteja de forma correcta.



Figura 4. Escombrat mixt en vorera.

Limitacions

Les limitacions de l'escombrat mixt són quasi bé nul·les ja que es pot dur a terme en tots els carrers d'un municipi o ciutat. Aquest mètode es pot utilitzar encara que no hi hagin obstacles de mobiliari urbà ni vehicles estacionats. En aquest cas, es pot considerar com un escombrat mecànic normal però amb l'aportació extra de residus de la vorera.

Aspectes importants a tenir en compte

Utilització dels bufadors

Els bufadors són unes eines molt eficaçes per arrastrar residus. Tot i així, en llocs on la quantitat de pols sigui elevada, és recomanable abstenir-se d'utilitzar-les ja que poden aixecar núvols de partícules en suspensió considerables.

Barreja amb residus dipositats a les papereres

Durant la recollida amb la màquina circulant per la vorera, s'ha de tenir en compte que els residus que es dipositen a les papereres no s'haurien de barrejar amb els de neteja viària. Dit d'altra manera, els operaris no han de buidar les papereres i aprofitar per recollir-les amb la màquina, ja que això dificulta la separació en origen dels residus i per tant el seu reciclatge i la seva posterior valorització, tal i com s'ha comentat en apartats anteriors.

1.10. Classificacions dels residus de neteja viària

1.10.1. Catàleg Europeu de residus

Els residus procedents de la neteja viària tenen el seu lloc dins del catàleg europeu de residus. Per tal de codificar-los, cal anar al capítol número 20; que classifica els residus municipals, incloses les fraccions que es recullen selectivament.

Concretament, el capítol es defineix com: "*RESIDUOS MUNICIPALES (RESIDUOS DOMÉSTICOS Y RESIDUOS ASIMILABLES PROCEDENTES DE LOS COMERCIOS, INDUSTRIAS E INSTITUCIONES), INCLUIDAS LAS FRACCIONES RECOGIDAS SELECTIVAMENTE*"

Dins d'aquest capítol hi trobem diversos subcapítols. En el cas dels residus de la neteja viària es troben al subcapítol 03; que es defineix com a "*Otros residuos municipales*".

Finalment i dins d'aquest subcapítol hi trobem els residus de neteja viària amb el codi 03.

Així doncs, tenint en compte els passos anteriors, el codi sencer per a la classificació d'aquest tipus de residus a nivell europeu és el 20 03 03.

Font: (Diario Oficial de las Comunidades Europeas 2001)

1.10.2. Catàleg de residus de Catalunya

Els residus objecte d'estudi també tenen la seva pròpia classificació al Catàleg de Residus de Catalunya (CRC). Per poder-los codificar, cal seguir els passos explicats a l'Annex 6.

El seu grup de descripció genèrica és el 20. Aquest grup fa referència als residus generals, incloent-hi les fraccions recollides selectivament.

Pel que fa al subgrup és el 20 02. El grup inclou els residus no especificats en el grup 20 de residus generals.

Finalment, dins el subgrup, es classifica el residu específic "*Residus de neteja viària de carrers, places, etc.*" amb el codi 20 02 03.

Valorització i tractament dels residus de neteja viària segons el CRC

Pel que fa a la valorització dels residus de neteja viària, el CRC no n'indica cap tipus, aquest fet és exactament el que pretén canviar aquest projecte.

De fet, l'únic tractament que s'hi indica és el T12; que fa referència a la deposició de residus no especials, és a dir, els residus entren a l'abocador corresponent sota aquesta etiqueta i no se'n fa cap tipus de valorització.

1.11. Experiències prèvies d'interacció amb l'entorn dels residus de neteja viària

1.11.1. Introducció

Els residus procedents de la neteja viària poden tenir una composició física molt diversa ja que no tenen un punt de recollida concret sinó que es tracta del conjunt de materials

que queden dipositats als carrers i carreteres a causa de l'activitat humana i dels fenòmens meteorològics.

Al llarg dels anys, s'han fet una sèrie d'estudis a nivell internacional per tal de conèixer principalment quina és la composició química dels residus que es recullen en la neteja viària mitjançant la maquinària utilitzada.

Així doncs, a continuació es fa un recull dels aspectes més destacats en aquest tema amb la finalitat de conèixer millor les característiques d'aquests residus i la seva interacció amb el medi on es troben.

1.11.2. Contingut de metalls pesants en els sediments

El contingut de metalls pesats en aquests tipus de residus s'ha determinat en diversos estudis científics.

Al sud de Suècia, concretament a la ciutat de Jönköping, es va realitzar un estudi de caracterització dels materials de neteja viària recollits en una zona d'asfalt pavimentat amb una mitjana anual de volum de trànsit diari de 11.200 vehicles.

L'estudi es va dividir en dos períodes. En el primer, la neteja es va realitzar un cop per setmana durant tres setmanes. En el segon període, la neteja es va fer cada dia laborable durant, també, tres setmanes.

Taula 4. Quantitat de sediments recollits i composició de metalls pesats.

Període de neteja	Quantitat total (Kg)	Sediments <0.25 mm (Kg)	Cr (g)	Ni (g)	Cu (g)	Zn (g)	Pb (g)
1	37,9	6,3	0,4	0,1	1,5	1,2	0,2
2	46,6	10	0,5	0,2	2,5	2,5	0,4

Font: (German i Svensson 2002).

1.11.3. Relació entre mida de gra i concentració de metalls pesants

Es pot definir una relació entre la mida dels grans dels sediments i la seva concentració de metalls pesants. Les concentracions més altes de metalls es troben en les mides de gra més petites.

D'aquesta manera, podem dir que la concentració de metalls és funció del diàmetre de les partícules. Concretament, la concentració és inversament proporcional al diàmetre de partícula.

La major concentració de metalls es troba a les fraccions que van de 0.125 a 0.5 mm de mida de gra (German i Svensson 2002).

1.11.4. Relació entre la neteja viària i la composició dels sediments

Està demostrat que les màquines de neteja viària són capaces de reduir la quantitat de sediments que trobem als carrers i, per tant, redueixen també els nivells de contaminants associats a aquests sediments, encara que s'han de tenir en compte altres aspectes importants comentats a continuació.

Quan les màquines recullen sediments en un lloc on les partícules ja són petites abans de netejar la superfície; l'acció de netejar pot generar encara més quantitat de partícules petites degut, probablement, al raspallat del paviment. Així doncs, els sediments que es troben després del raspallat són més fins que els que es troben abans de fer-lo (German i Svensson 2002).

Podem dir doncs, que les màquines són més efectives a recollir els sediments de majors dimensions.

Aquest canvi en la mida de les partícules causat per l'acció de les màquines, genera una distribució diferent en els nivells de metalls pesats, de manera que en trobem les majors quantitats precisament a les partícules de menor dimensió (German i Svensson 2002).

Cal destacar però, que la feina que fan les màquines de neteja té beneficis. Encara que siguin més efectives recollint les fraccions de sediments més grans; si no es recollissin aquestes fraccions, molt probablement s'acabarien dissolent els metalls que contenen o les mateixes partícules es trencarien en fraccions més petites, de manera que serien més propenses a ser emportades per les aigües de pluja i acabar contaminant de diverses maneres.

Tenint en compte tot això, caldria fer un replantejament de si és necessari que les màquines de neteja viària funcionin tant sovint o seria més efectiu i econòmic reduir les seves actuacions i concentrar-les en els punts on la seva funció sigui eficient.

1.12. Descripció dels municipis analitzats en el projecte

1.12.1. Municipi d'Artés

Situació, extensió i nombre d'habitants

Artés es un municipi situat dins la província de Barcelona, concretament a la comarca del Bages. La seva superfície és de 17,9 km²; amb una densitat de població de 316,8 hab./km² i un nombre d'habitants de 5.661 a l'any 2014 (Institut d'Estadística de Catalunya 2014).

Cal destacar que es tracta d'un municipi petit i en contacte directe amb la natura. Es tracta d'una zona on l'activitat agrícola hi té una forta influència.

Figura 5. Localització de la comarca del Bages a Catalunya.



Figura 6. Localització d'Artés dins la comarca del Bages.

Indústria i economia

L'activitat industrial característica dels segles XIX i XX fou la tèxtil; durant la primera part del segle XX es van crear diverses empreses, on hi treballaren durant molts anys la major part de la població activa del municipi. Més tard, a causa de la crisi tèxtil de finals del segle XX, moltes d'aquestes empreses es van veure obligades a tancar.

Actualment el municipi continua generant força activitat industrial en el seu polígon inaugurat l'any 1973, que ara es concentra principalment en la transformació de metalls i una important fàbrica d'esquís amb les corresponents empreses vinculades a la seva activitat.

La indústria càrnia i la del moble també es consideren sectors importants en l'activitat del municipi.

Artés també és conegut per a la seva producció de vins i caves. De fet, és l'única comarca del Bages que té dues denominacions d'origen (DO); una de vins; una altre de caves; que certifiquen l'origen i la qualitat del producte. Això és sinònim doncs, d'un municipi en contacte directe amb l'activitat agrícola.

Clima

La situació del municipi a una altitud mitjana de 315 metres dins la Depressió Central catalana, defineix la seva climatologia. El tipus de clima és defineix com a "clima sec subhumit" segons les dades consultades a l'Atles Nacional de Catalunya de L'Institut Cartogràfic de Catalunya.

Aquest tipus de classificació es dona pels climes que estan entremig dels climes humits i dels climes àrids però que no compleixen les característiques per entrar en aquests dos grups.

Una característica típica dels climes d'interior com el d'Artés, és la gran amplitud tèrmica. Les temperatures són fredes a l'hivern i força altes durant l'estiu.

Algunes dades a destacar sobre el seu clima són les següents (Institut Cartogràfic de Catalunya sense data).

- L'amplitud tèrmica anual es troba entre 19 i 20 °C.
- La temperatura mitjana anual es mou entre 16 i 17º.
- La precipitació mitjana anual va de 600 a 650 mm.

1.12.2. Municipi d'Igualada

Situació, extensió i nombre d'habitants

La ciutat d'Igualada es troba situada al centre de Catalunya, sent la capital de la comarca de l'Anoia. La seva superfície és de 8,1 km², amb una població total de 38.751 habitants l'any 2014 (Institut d'Estadística de Catalunya 2014).

Es tracta d'un municipi de dimensions força majors que Artés i, per tant, de manera general, no hi ha tanta proximitat entre les zones on es desenvolupa la neteja viària i les zones agrícoles i boscoses.

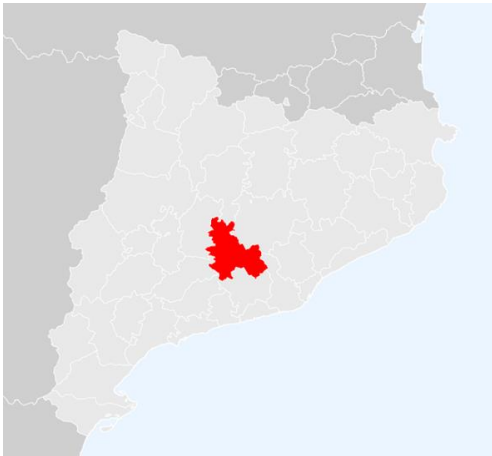


Figura 7. Localització de la comarca de l'Anoia a Catalunya.



Figura 8. Localització d'Igualada dins la comarca de l'Anoia.

Indústria i economia

Els sectors de la indústria i els serveis es consideren els principals fonaments de l'economia de la ciutat.

La indústria de l'adoberia és la de més antiguitat i la que es troba més arrelada en la població, encara que, els orígens de la indústria de fabricació de draps de llana també daten des dels orígens de la població.

Més tard, cap a finals del segle XVIII, es va establir la indústria tèxtil cotonera a la ciutat arribant a ser un dels centres cotoners més importants de Catalunya cap a l'any 1850. Posteriorment, un seguit de factors com ara reserves hidràuliques insuficients i la incomunicació ferroviària van fer que no s'arribés a la mecanització dels processos fins després de la millora en la connexió ferroviària a l'any 1893.

La indústria del tèxtil va tenir una gran importància, arribant a donar feina al 65,6% de la població activa de la ciutat a l'any 1975.

Actualment, aquesta indústria s'ha convertit en un bon impuls per al creixement de la ciutat. Ha permès l'aparició d'una indústria tèxtil de complements com estampats, teixits, acabats i confecció de roba interior i llenceria.

Per altra banda, també hi trobem diversos sectors importants com ara el de les arts gràfiques, els metalls i grans empreses de comercialització i distribució, entre d'altres.

Clima

Pel que fa al clima, es considera com a clima sec subhumit. Aquests tipus de climes es caracteritzen per una falta de precipitació ja que no cobreixen el total de les necessitats d'aigua anuals però, en aquest tipus de clima, les necessitats d'aigua són cobertes en un mínim d'un 80%, gràcies a les precipitacions.

Algunes dades a destacar sobre el clima són les que es presenten a continuació (Institut Cartogràfic de Catalunya sense data).

- L'amplitud tèrmica anual a Igualada es troba entre 16 i 17°.
- La temperatura mitjana anual es mou entre 16 i 17°.
- La precipitació mitjana anual es troba compresa entre 550 i 600 mm.

CAPÍTOL 2. DESENVOLUPAMENT.

2.1. Consideracions prèvies generals

Durant el desenvolupament del projecte s'han tingut en compte una sèrie de consideracions generals relacionades amb la caracterització dels residus. Són les següents:

- Les recollides de residus fetes en aquest estudi han estat mitjançant el mètode d'escombrat mixt, és a dir, un operari equipat amb un bufador i l'altre amb la màquina escombradora.
- El tipus de màquina d'escombrat utilitzat en l'estudi ha estat sempre la d'aspiració.
- En la recollida dels residus s'ha tingut en compte que aquests provenen exclusivament de la neteja viària i no han estat barrejats amb cap tipus de residus provinent del buidatge de les papereres o d'altres.
- Es considera que els residus que s'emmagatzemen dins del dipòsit de la màquina, al caure, estan barrejats de manera aproximadament uniforme.

2.2. Municipi d'Artés

2.2.1. Introducció

Amb la finalitat de fer una primera caracterització física dels residus de neteja viària, s'ha fet un seguit de recollides d'aquest tipus de residus al municipi d'Artés.

Aquests tipus de residus, un cop recollits, passaran una sèrie de caracteritzacions mitjançant la determinació del percentatge en pes de cadascuna de les fraccions.

Per altra banda, el coneixement de les quantitats anuals generades al municipi servirà per calcular l'impacte econòmic de la gestió actual d'aquests residus. Així doncs, mitjançant aquestes dades, serà possible fer una valoració de la viabilitat de l'aprofitament d'aquest tipus de residus en el municipi.

2.2.2. Recollida de les mostres

La recollida de mostres al poble d'Artés s'ha fet durant un total de cinc dies entre les estacions de primavera i estiu, concretament, repartits entre els mesos de Maig i Juny de 2015.

En cada un d'aquests dies de recollida se n'han extret dues mostres. Així doncs, s'han extret un total de 10 mostres de residus de neteja viària.

a) Zones de recollida

La determinació de les zones de recollida pretén fer una classificació dels residus segons el lloc d'on han estat recollits, entenent que l'origen dels residus viaris és difús ja que no es dipositen en un lloc concret sinó que són el resultat de l'activitat als carrers del municipi.

Els sectors de neteja viària del municipi s'han considerat pertanyents a dos grans grups: zona centre i zona perifèrica. En aquest sentit, s'ha de tenir en compte que, en el cas d'Artés, al ser un municipi relativament petit, és difícil de diferenciar aquestes zones ja que la diferència de nivell d'activitat entre una i l'altra zona no és tant notòria com en el cas d'una ciutat.

Així doncs, el que s'ha pretès amb aquesta classificació de les zones de recollida és intentar detectar diferències entre els carrers que generen una major activitat i els altres que tenen una activitat menor i són més propers a espais naturals.

D'aquesta manera, en el cas d'Artés, s'espera recollir una quantitat menor de sorres en la zona centre ja que aquesta es neteja cada dia, a diferència de les zones més perifèriques.

Zona centre

Considerem zona centre aquells carrers que tenen més volum de trànsit i d'activitats comercials.



Figura 9. Exemple de carrer considerat zona centre (Carrer Rocafort).



Figura 10. Exemple de carrer de zona centre (Carrer Barquera).

Zona perifèrica

Per altra banda, s'han considerat zona perifèrica tots els altres carrers no pertanyents a la zona centre i que, per tant, el volum de trànsit i activitats que hi tenen lloc és significativament menor.

L'objectiu d'aquesta classificació és el de poder detectar diferències en la composició física dels residus recollits segons el lloc on estaven dipositats.



Figura 11. Exemple de carrer de zona perifèrica.



Figura 12. Exemple de carrer de zona perifèrica.

Un recull més ampli de fotos de les diverses zones de neteja viària considerades a Artés es poden consultar a l'apartat 14 dels Annexos.

b) Resum de les recollides efectuades

Durant la realització de l'estudi, s'han fet un seguit de recollides que es presenten a continuació. El nombre total de dies de recollida ha estat de 5 amb un total de 10 recollides, dues per dia, diferenciant entre les que s'extreien de la neteja de zones centre del municipi i les que pertanyien a neteja de zones perifèriques.

Les diferents zones corresponents a centre o perifèria es poden consultar al plànol de l'apartat 13 dels Annexos.

Taula 5. Resum de les recollides efectuades a Artés.

Recollida	Codi de recollida	Data	Zona centre	Zona perifèrica
1	R1C/R1P	18/05/15	6, 7 i 10	1 i 2
2	R2C/R2P	19/05/15	6, 7 i 10	4 i 5
3	R3C/R3P	21/05/15	6, 7 i 10	4 i 5
4	R4C/R4P	01/06/15	6, 7 i 10	1 i 2

5	R5C/R5P	30/06/15	6, 7 i 10	1, 2 i 4
---	---------	----------	-----------	----------

c) Metodologia de recollida

Tal i com s'ha comentat anteriorment, els dies que hi ha hagut una recollida, se n'han agafat dues mostres, separant-les segons si eren de zona centre o zona perifèrica.

Durant els diferents dies de recollida, s'ha seguit un mateix esquema d'operació, que es detalla a continuació. Els passos seguits per a la presa de les dues mostres durant un dia de recollida han estat els següents:

- 1) La màquina neteja zona centre a primera hora del matí.
- 2) Buidar el dipòsit de la màquina i recollida de materials (9.30 h).
- 3) La màquina neteja zona de perifèria.
- 4) Buidar el dipòsit de la màquina i recollida de materials (12.30 h).

d) Presa de mostres

La presa de mostres s'ha fet per gravetat, col·locant un recipient en el punt de descàrrega i abocant fins que aquest s'omple completament.

Tenint en compte la tipologia de residus, l'emmagatzematge d'aquests a la màquina i el sistema de descàrrega, s'ha considerat aquest mètode de mostreig com el més factible a l'hora de fer aquest estudi.

- Recipient i suport de recollida utilitzat

En la recollida de les diferents mostres, s'ha utilitzat un contenidor de 25 L de capacitat, utilitzat generalment en la recollida de la fracció resta.

Per tal d'evitar que el contenidor es bolqui durant l'abocament dels materials per gravetat, s'ha construït un suport de fusta per a aquest. El suport no va fixat permanentment al contenidor, de manera que es pot utilitzar en qualsevol recipient de les mateixes dimensions. També disposa d'uns anclatges per poder-lo extreure de dins del contenidor d'abocament amb facilitat.

Pel que fa a la seva construcció, ha estat simple basant-se en les dimensions del recipient a utilitzar. Degut a la simple funció que ha de fer, no s'entra en detalls tècnics de la seva construcció ni del seu funcionament.



Figura 13. Base de suport.



Figura 14. Base de suport i contenidor.

- Buidatge del dipòsit de la màquina

El procediment de buidatge del dipòsit de la màquina s'ha fet per gravetat.

Abans de procedir a buidar, es col·loca el recipient amb el suport a dins d'un dels contenidors que s'utilitzen a l'empresa per a dipositar-hi els residus recollits.

Seguidament, es procedeix al buidatge mitjançant l'accionament mecànic controlat amb un comandament a la cabina de la màquina, que és l'encarregat d'empènyer els residus de dins la caixa des de la part posterior fins que cauen tots a dins del contenidor.



Figura 15. Buidatge de la màquina al contenidor.



Figura 16. Contenidor col·locat en posició de recollida.

2.2.3. Separació dels residus recollits

De les diferents recollides de materials fetes, se n'ha fet una separació dels diversos materials que les formen amb la finalitat de saber quina composició tenen.

Aquest procés de separació té una metodologia que es pot definir en passos exposats a continuació.

a) Abocament

Primerament, es procedeix a abocar en un recipient gran els residus recollits en el contenidor, per tal de facilitar el procés de separació.



Figura 17. Contenidor amb una de les recollides.



Figura 18. Materials de la recollida abocats al recipient de triatge.

b) Procés de separació

El procés de separació dels residus recollits s'ha fet de manera manual. A continuació es detallen els passos següents:

1. Separació dels residus de majors dimensions

El primer pas de la separació de cada recollida ha estat la classificació dels materials més voluminosos, excepte les branques i fulles. Aquests materials, estan formats principalment per envasos i paper i cartró. Els altres tipus que s'hi ha trobat, han estat classificats tots dins una mateixa fracció separada.

Aquestes diverses tipologies de residus es van classificant en diferents bosses de manera que ens queda només la matèria orgànica i les sorres en el recipient, tal i com es pot observar en les següents imatges.

Els diversos grups de classificació dels materials trobats es detallen més endavant.



Figura 19. Separació d'envasos, paper i cartró i d'altres.



Figura 20. Matèria orgànica i sorres restant.

2. Separació de les argiles, llims, sorres i graves de la matèria orgànica

Després de fer la separació comentada, ens queda en el recipient la barreja de fraccions més complicada de separar.

Aquestes fraccions, són molt difícils de separar totalment de manera manual, ja que algunes d'elles tenen dimensions molt petites i similars. Tenint en compte això, la separació que s'ha dut a terme per a aquesta fracció ha estat la següent:

- Matèria orgànica: aquesta fracció esta composta principalment per branques i fulles.
- Argiles, llims, sorres i graves barrejades amb matèria orgànica de petites dimensions: aquesta fracció és la més complicada de separar amb un garbell degut a la seves similars dimensions.

Per tal de fer aquesta separació s'han utilitzat dos garbells; un per separar ràpidament les parts de majors dimensions com són les fulles i les branques i l'altre per separar la matèria orgànica de dimensions més petites però suficientment grans per no estar barrejades amb la part mineral.

El segon garbell utilitzat, muntat amb la malla de llum major (anomenem llum a la dimensió dels forats de la malla) té una distribució de 8 forats per polzada, és a dir, 8 forats per cada 25,4 mm o el que és el mateix, una llum de 3,17 mm aproximadament.



Figura 21. Primer garbell utilitzat.



Figura 22. Segon garbellat.

Finalment, un cop classificada, ens queda la matèria orgànica de majors dimensions per una banda i per l'altra, la matèria orgànica i les argiles, llims, sorres i graves de mida 3,17 mm o menor.



Figura 23. Separació de la matèria orgànica de majors dimensions.



Figura 24. Argiles, llims, sorres i graves barrejades amb matèria orgànica.

Per tal de separar la part d'argiles, llims, sorres i graves barrejades amb matèria orgànica, s'han utilitzat tècniques de laboratori comentades més endavant. La fracció analitzada correspon a les partícules que tenen una granulometria de 3,17 mm o menor. Tenint en compte aquests valors, en aquesta fracció hi podem tenir argiles, llims, sorres o graves de petites dimensions.

Les granulometries teòriques per a cadascuna d'aquestes fraccions es poden consultar a l'apartat 8 dels Annexos.

c) Pesatge de les diferents fraccions

Un cop separats els diferents materials de cada mostra segons la seva tipologia, es procedeix al pesatge de cada fracció, les quals es detallen al següent apartat, per tal de determinar la composició en pes del conjunt de cada mostra recollida.

Per a fer-ho, s'ha utilitzat una balança digital amb una resolució d'1g; suficient tenint en compte les característiques de la recollides efectuades.

2.2.4. Classificació dels materials de les mostres

Tot seguit, es detallen els materials que es consideren que pertanyen a cadascuna de les fraccions. Aquesta classificació és orientativa, ja que com s'ha comentat anteriorment, els residus de neteja viària poden tenir una composició molt diversa a causa del seu origen difús.

Dit això, cal destacar que sempre acostumen a seguir uns patrons pel que fa als materials recollits, tal i com veurem en les caracteritzacions físiques, on no s'especifica exactament quin tipus de material s'ha trobat ja que, si és un material molt concret, pot ser que no es torni a trobar en cap recollida. D'aquesta manera, el que interessa és saber a trets generals, quines són les fraccions de residus que hi podem destacar.

Per tal de conèixer en més detall els diferents materials considerats en les fraccions es pot consultar a l'apartat 7 dels Annexos.

Taula 6. Classificació dels materials de les recollides en diverses fraccions.

FRACCIÓ	MATERIALS
Envasos	<ul style="list-style-type: none">• Ampolles de plàstic (PET, PEAD, PEBD, PVC)• Paper film• Bosses• Restes de plàstics• Llaunes (alumini, acer)• Cartró de begudes• Fusta envàs
Paper i cartró	<ul style="list-style-type: none">• Paper imprès• Capses de cartró• Caixes de cartró
Cel·luloses	<ul style="list-style-type: none">• Mocadors• Draps de paper

Matèria orgànica	<ul style="list-style-type: none">• Fulles• Branques• Flors
Sorres i matèria orgànica	<ul style="list-style-type: none">• Matèria orgànica de petites dimensions• Argiles• Llims• Sorres• Graves
Altres	<ul style="list-style-type: none">• Burilles de tabac• Plàstics no envàs• Tèxtil• Acer no envàs• Fusta no envàs• Vidre• D'altres

Font: elaboració pròpia.

2.2.5. Composició de les diferents recollides

Amb la finalitat de caracteritzar físicament els residus de la neteja viària recollits, es fa una determinació dels percentatges en pes dels diferents materials trobats.

A través d'aquesta caracterització es busca saber quins són els materials que trobem de manera general dins d'aquesta tipologia de residus recollits al municipi. A més a més, tal i com s'ha comentat anteriorment, les recollides han estat fetes per separat segons si es tractava d'una zona amb alta activitat (centre) o d'una zona amb una activitat menor (perifèria), amb la finalitat de detectar-ne algunes diferències.

A continuació es presenten els resultats obtinguts.

Consideracions prèvies

A continuació es detallen els aspectes que s'han tingut en compte alhora d'analitzar els resultats obtinguts en aquesta caracterització.

- Dins d'una mateixa recollida, s'ha considerat que les humitats són les mateixes per a totes les fraccions que la formen per tal de facilitar la determinació dels percentatges en pes.

Així doncs, per saber el percentatge en pes exacte, s'hauria de determinar la humitat de tots els materials, en totes les fraccions, de totes les recollides. En aquest projecte, no s'ha cregut necessari un nivell de detall tant acurat ja que la finalitat és determinar si aquest tipus de residus són potencialment valoritzables

o no; sense entrar en detall de quin percentatge de pes exacte forma cada fracció però tenint en compte que això afecta als resultats de la quantitat possible a valoritzar.

- Es parla de la fracció "Sorres i matèria orgànica" per simplificar, però es considera que aquesta fracció pot contenir partícules de sòl amb les granulometries corresponents a argiles, llims, sorres i graves barrejades amb matèria orgànica de petites dimensions.

Dades de composició de les recollides

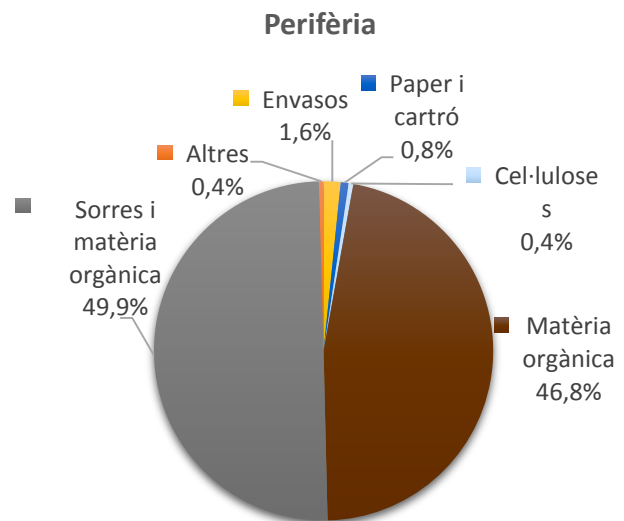
Recollida 1 (R1C i R1P)

Taula 7. Pesos registrats per a cada fracció (R1 Artés).

Fracció	Recollida Centre	Recollida Perifèrica
	Pes (g)	
Envasos	67	58
Paper i cartró	90	27
Cel·luloses	57	16
Matèria orgànica	1572	1678
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	355	1790
Altres	56	16
Pes total	2197	3585



Gràfic 1. Percentatges massics (R1C Artés).

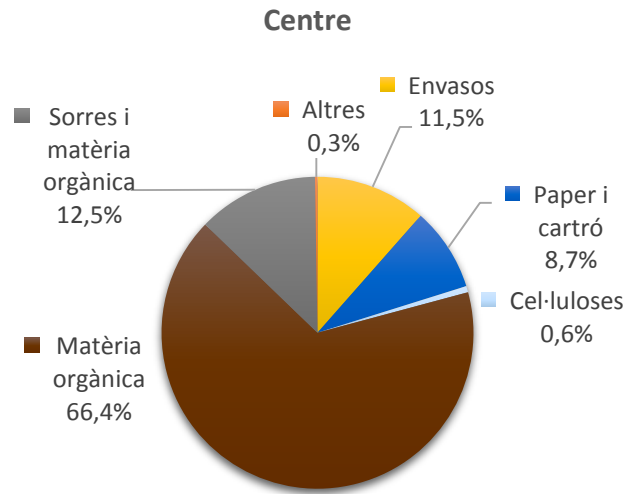


Gràfic 2. Percentatges massics (R1P).

Recollida 2 (R2C)

Taula 8. Pesos registrats per a cada fracció (R2C Artés).

Fracció	Recollida Centre
	Pes (g)
Envasos	178
Paper i cartró	134
Cel·luloses	10
Matèria orgànica	1027
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	194
Altres	4
Pes total	1547



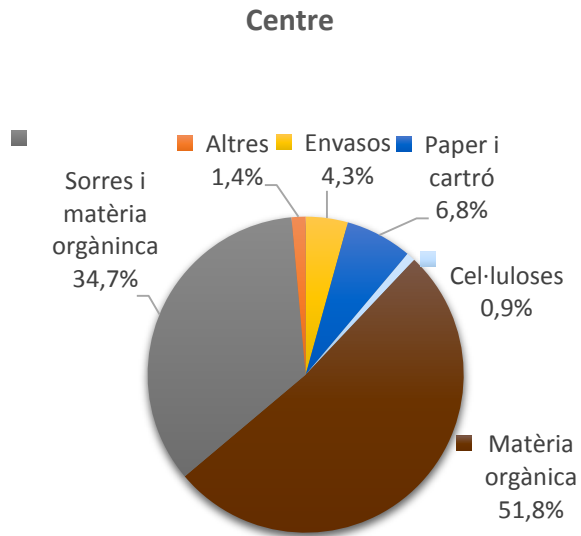
Gràfic 3. Percentatges massics (R2C).

NOTA: Els components de la recollida 2 perifèrica programada no es van poder separar manualment de forma adequada degut a la quantitat d'humitat que contenien. La matèria orgànica, sorres i paper i cartró van formar una mescla molt difícil de separar de manera manual.

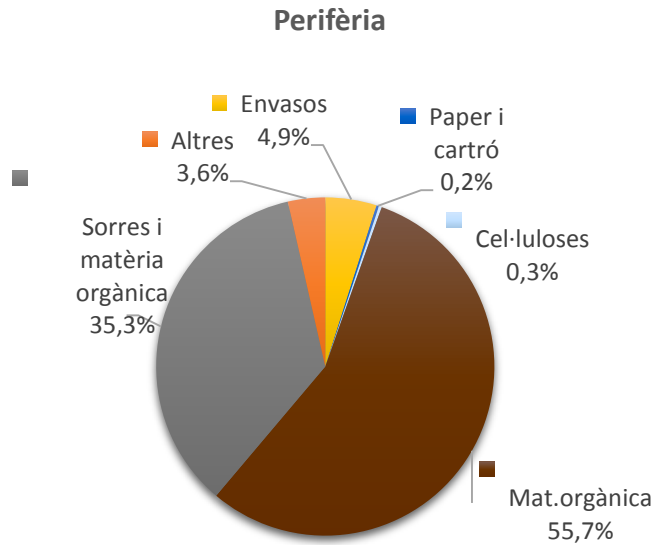
Recollida 3 (R3C i R3P)

Taula 9. Pesos registrats per a cada fracció (R3 Artés).

Fracció	Recollida Centre	Recollida Perifèrica
	Pes (g)	
Envasos	153	182
Paper i cartró	243	9
Cel·luloses	32	10
Matèria orgànica	1840	2067
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	1232	1308
Altres	51	132
Pes total	3551	3708



Gràfic 4. Percentatges massics (R3C).

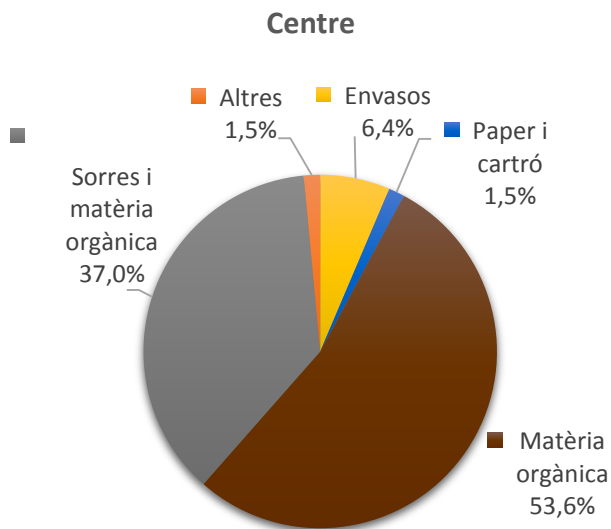


Gràfic 5. Percentatges massics (R3P).

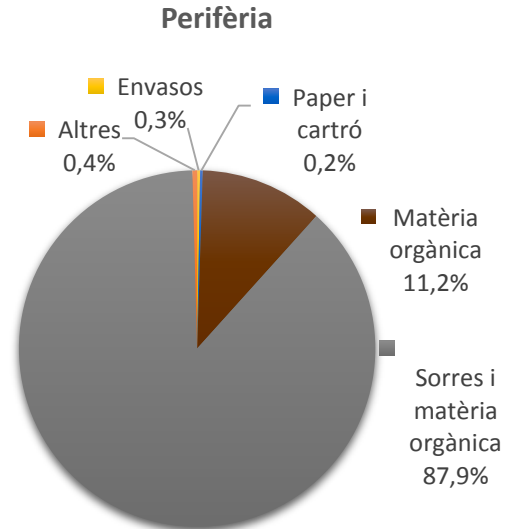
Recollida 4 (R4C i R4P)

Taula 10. Pesos registrats per a cada fracció (R4 Artés).

Fracció	Recollida Centre	Recollida Perifèrica
	Pes (g)	
Envasos	167	42
Paper i cartró	38	37
Cel·luloses	0	0
Matèria orgànica	1400	1718
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	966	13536
Altres	39	66
Pes total	2610	15399



Gràfic 6. Percentatges massics (R4C).

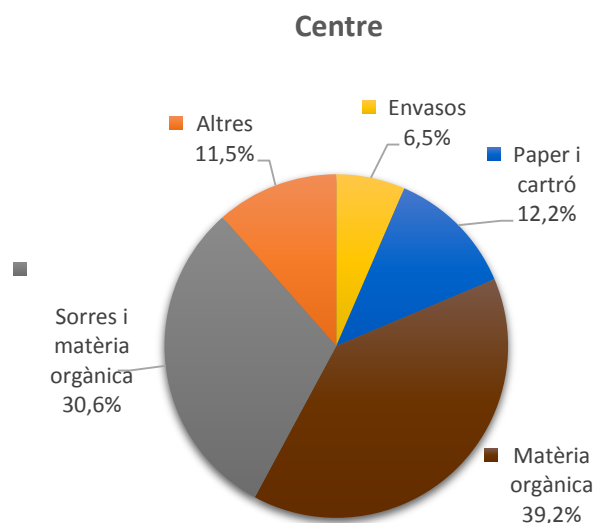


Gràfic 7. Percentatges massics (R4P).

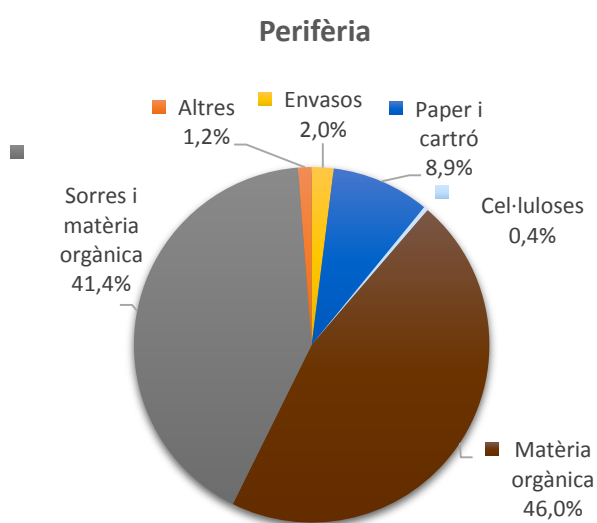
Recollida 5 (R5C i R5P)

Taula 11. Pesos registrats per a cada fracció (R5 Artés).

Materials	Recollida Centre	Recollida Perifèrica
	Pes (g)	
Envasos	183	89
Paper i cartró	343	399
Cel·luloses	0	18
Matèria orgànica	1107	2058
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	864	1854
Altres	325	55
Pes total	2822	4473



Gràfic 8. Percentatges massics (R5C).



Gràfic 9. Percentatges massics (R5P).

Conclusions de la composició de les recollides

Mostres de centre i perifèriques

Tal i com es pot veure analitzant els resultats obtinguts, es verifica que les recollides efectuades al centre del municipi tenen una major fracció d'envasos, paper i cartró i d'altres materials, tal i com era d'esperar. Aquest fet és degut a que al centre hi ha una major activitat a causa de la presència d'habitatges i comerços i conseqüentment, un major volum de trànsit. Això fa que quasi bé sempre s'hi trobi més quantitat d'envasos, paper i cartró i d'altres materials considerats a la fracció "Altres".

Per altra banda, es detecta que la fracció de "Sorres i matèria orgànica", que són les fraccions de granulometria petita que no es poden separar de forma manual, es troben sempre amb un percentatge més elevat en les zones perifèriques. Aquest fet pot ser degut a la proximitat d'aquests carrers als camps i les zones més properes, on les partícules hi tenen més facilitat per arribar quan són endutes pel vent.

Mostra general

Pel que fa a la composició general de totes les recollides cal dir que les fraccions majoritàries en percentatge en pes són les de "Sorres i matèria orgànica" i "Matèria orgànica".

Aquests resultats obren la porta a possibles valoritzacions d'aquests residus per a fer rebliments de terres, utilització com a substrats i d'altres funcions segons els percentatges de matèria orgànica i inorgànica que continguin aquests residus.

2.2.6. Determinació de la quantitat de matèria orgànica i inorgànica

a) Introducció

Després de la determinació dels materials que formen aquest tipus de residus, ha quedat una fracció que no s'ha pogut separar manualment. Es tracta de la fracció d'argiles, llims, sorres i graves barrejades amb matèria orgànica de petites dimensions.

Aquesta fracció està composta principalment per una part orgànica: restes de fulles, restes de floració i altres restes vegetals de petites dimensions; i una part inorgànica formada bàsicament per matèria mineral.

Per a analitzar aquestes mostres, s'han utilitzat unes tècniques de laboratori corresponents a l'anàlisi de combustibles sòlids recuperats, encara que no es tracti dels mateixos. Concretament, per les normes UNE-EN 15414-3 i UNE-EN 15403, que defineixen el procediment per tal de calcular la humitat i la composició en cendres (quantitat de matèria inorgànica), respectivament.

Els combustibles sòlids recuperats estan formats pel conjunt de residus considerats no perillosos i que es destinen a una valorització energètica en plantes d'incineració.

b) Objectius

Per tal de poder determinar la quantitat de matèria orgànica i inorgànica que hi ha dins d'aquesta fracció, es procedeix a fer-ne l'anàlisi al laboratori i així poder estudiar més clarament les possibilitats de la seva valorització.

Per fer-ho, s'han utilitzat dos procediments: la determinació del contingut en humitat de les mostres i la determinació del contingut en cendres (percentatge de matèria inorgànica). Com ja s'ha comentat, aquests procediments estan normalitzats per normes europees referents a l'anàlisi de combustibles sòlids recuperats.

A partir d'aquests dos procediments és possible determinar quina és la quantitat de matèria inorgànica que es troba en els residus. Es fa mitjançant la determinació de la humitat de les mostres i, posteriorment, portant a la ignició les restes de matèria orgànica de petites dimensions continguda dins la mostra de manera que sols ens quedi la matèria inorgànica.

c) Mostres analitzades

Aquests anàlisis s'han fet dues vegades per a cada mostra de les diverses recollides de residus fetes, considerant només la fracció anomenada "Sorres i matèria orgànica". Aquesta fracció està formada, tal i com s'ha comentat anteriorment, per argiles, llims, sorres, graves i matèria orgànica de petites dimensions.

Taula 12. Distribució d'anàlisis i nomenclatura de les mostres d'Artés.

Mostra	Anàlisi A	Anàlisi B	Codi de recollida
1	Recollida 1 centre	Recollida 1 centre	R1 C
2	Recollida 1 perifèria	Recollida 1 perifèria	R1 P
3	Recollida 2 centre	Recollida 2 centre	R2 C
4	Recollida 3 centre	Recollida 3 centre	R3 C
5	Recollida 3 perifèria	Recollida 3 perifèria	R3 P
6	Recollida 4 centre	Recollida 4 centre	R4 C
7	Recollida 4 perifèria	Recollida 4 perifèria	R4 P
8	Recollida 5 centre	Recollida 5 centre	R5 C
9	Recollida 5 perifèrica	Recollida 5 perifèrica	R5 P

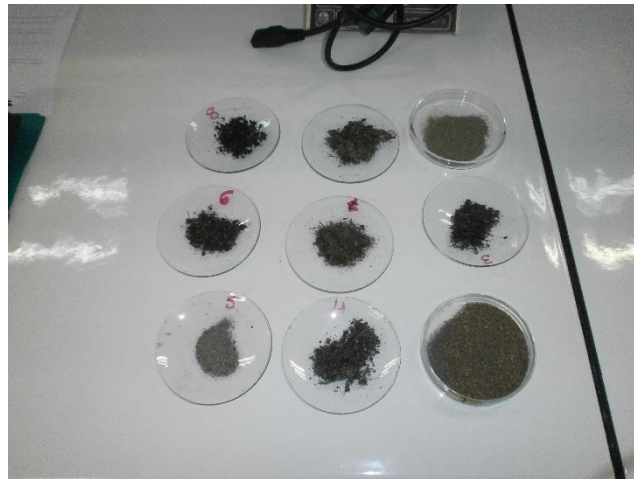


Figura 25. Mostres d'Artés al laboratori abans de ser analitzades.

d) Anàlisi visual de la fracció sorres mostres amb lupa

Amb la finalitat de conèixer de manera orientativa si les mostres tenen molta quantitat de materials orgànics o inorgànics s'ha utilitzat una lupa amb electrònica amb càmera de gravació incorporada.

Les imatges que es recullen a continuació han estat preses de les mostres recollides a Artés.

A continuació es mostra la comparació entre algunes de les mostres.

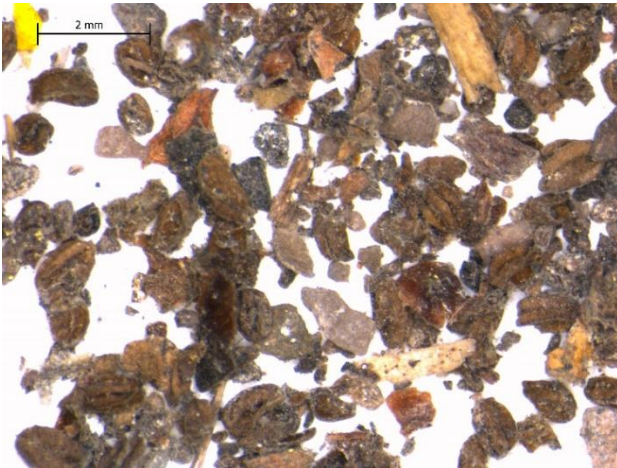


Figura 26. Imatge de la R1C amb 10 augments.

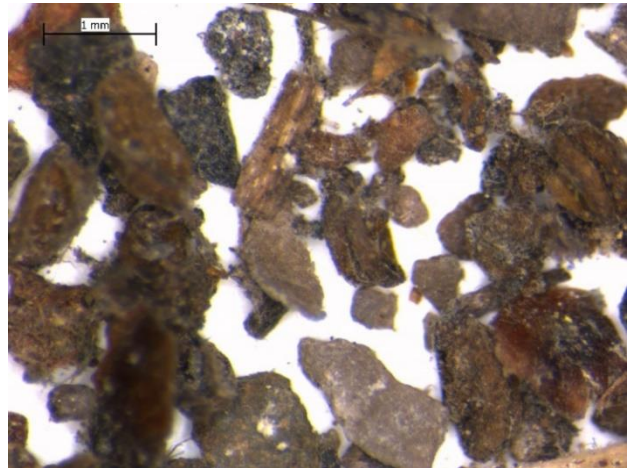


Figura 27. Imatge de la mateixa recollida R1C amb 20 augments.

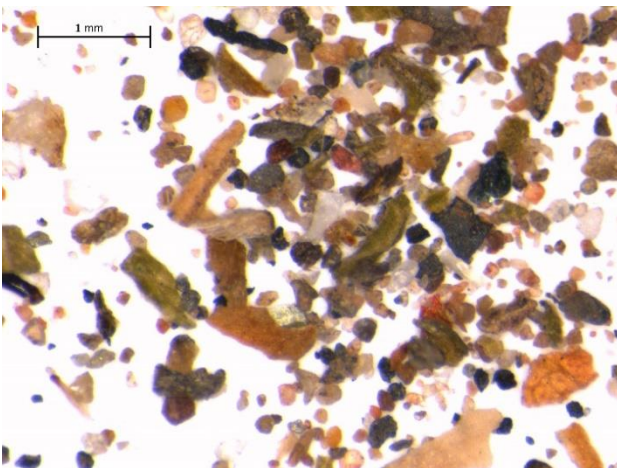


Figura 28. Imatge de la R1P amb 20 augments.

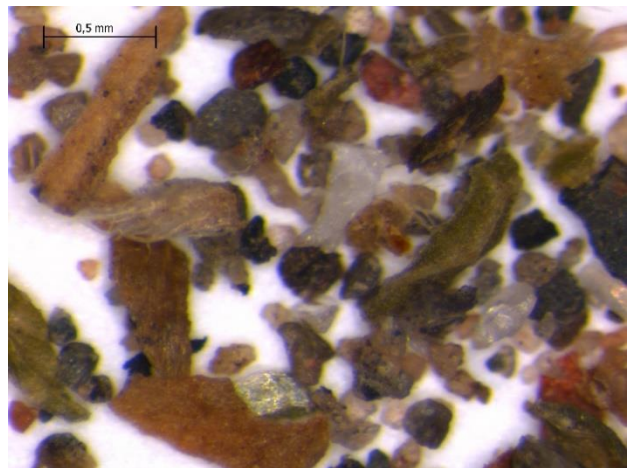


Figura 29. Imatge de la mateixa recollida R1P amb 40 augments.

Pel que fa a les imatges de la resta de mostres de les recollides fetes a Artés, es poden consultar a l'apartat 9 dels Annexos.

e) Determinació de la humitat en les mostres recollides

1. Consideracions prèvies

- Les normatives UNE utilitzades s'han seguit de la manera més acurada possible tenint en compte l'equipament del què es disposava.

2. Introducció

El contingut d'humitat de les diferents mostres es determinarà mitjançant l'assecatge en estufa seguint la Norma Europea UNE-EN 15414-3; aprovada pel Comitè Europeu de Normalització (CEN) l'any 2011; que defineix la determinació del contingut d'humitat en combustibles sòlids recuperats, mitjançant el mètode d'assecatge en estufa.

El mètode consisteix en assecar la mostra per a l'anàlisi a una temperatura de 105°C sota una atmosfera d'aire. A partir de la pèrdua de massa de la mostra podrem calcular el percentatge d'humitat.

3. Objectius

L'objectiu principal de la determinació de la humitat és el de calcular la fracció massica d'humitat i així poder determinar posteriorment el percentatge de matèria orgànica i inorgànica que hi ha continguda en els residus de la neteja viària recollits.

Així doncs, podríem dir que la determinació de la humitat és simplement un pas previ per al següent, que es tracta de la determinació de quina part correspon a matèria orgànica i quina a inorgànica. Això s'aconsegueix mitjançant unes cremes que es detallen més endavant.

4. Material utilitzat

El material utilitzat al laboratori per a la determinació de la humitat ha estat el següent:

- Gresols
- Vidres de rellotge
- Estufa d'assecatge
- Dessecadors
- Balança granetari amb precisió de centèsimes de gram
- Balança analítica amb precisió de 0,1 mg

Aquest material es troba descrit en més detall a l'apartat 12 dels Annexos.

5. Preparació de les mostres

Les següents mostres per analitzar han estat extretes de les corresponents bosses de separació on s'ha dipositat cada fracció durant les separacions.

Per tal d'obtenir uns resultats que siguin el més representatius possibles, les extraccions de les mostres s'han fet després de barrejar completament cadascuna de les bosses on es trobaven emmagatzemades les fraccions.

La quantitat extreta i col·locada en els vidres de rellotge ha estat la que es detalla en la normativa i és la que garanteix poder fer-ne unes mostres d'un mínim d'1 gram.

Seguidament, la mostra s'ha triturat mitjançant medis mecànics i barrejat amb la finalitat que el material sigui més homogeni i es pugui assecat de manera uniforme i completa.



Figura 30. Trituració de les mostres mitjançant medis mecànics.

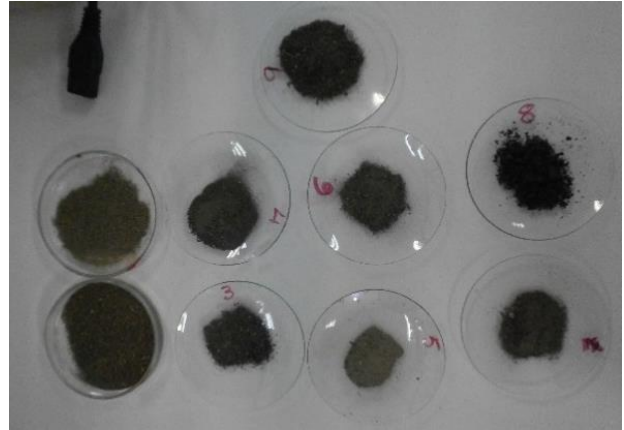


Figura 31. Col·locació de les mostres en vidres de rellotge.

6. Procediment utilitzat

El següent procediment s'ha realitzat dos cops per a cadascuna de les mostres:

- a) S'assequen els gresols buits a l'estufa a una temperatura de 105 ± 2 °C fins que s'assoleix una massa constant i es deixa assecat en un dessecador a temperatura ambient.
- b) Es pesen els gresols amb una aproximació de 0,1 mg.
- c) Col·locació de la mostra al gresol formant una capa uniforme i amb un pes mínim d'1 g.
- d) Es pesa el plat amb la mostra, amb una aproximació de 0,1 mg.
- e) S'escalfen els gresols a una temperatura de 105 ± 2 °C fins que s'assoleix una massa constant. Es considera massa constant quan el canvi en la massa sigui menor de 1 mg durant un temps d'escalfament de 60 min.



Figura 32. Escalfament dels gresols a l'estufa d'assecatge.

f) Es posen els gresols a dins un dessecador fins a assolir la temperatura ambient.



Figura 33. Gresols a dins dels dessecadors.

g) Finalment, es pesen amb una precisió de 0,1 mg a la balança analítica.

7. Càlcul

La determinació del contingut d'humitat en les mostres " M_{ad} " s'expressa com un percentatge màssic i té la forma següent (Norma Europea UNE-EN 15414-3):

$$M_{ad} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

On:

m_1 : massa del gresol, expressada en grams.

m_2 : massa del gresol i la mostra humida abans del l'assecatge, expressada en grams.

m_3 : massa del gresol i la mostra després del l'assecatge, expressada en grams.

L'anàlisi s'ha fet dos cops per a cadascuna de les mostres i se n'ha fet la mitjana.

A continuació es mostra un exemple del procés de càlcul. Tots els pesos que s'utilitzen per a fer els càlculs es poden consultar a l'apartat 11 dels Annexes.

Exemple determinació de la humitat en la mostra 1

Per a la mostra 1, de la mateixa manera que en totes les mostres, es fan dues determinacions (A i B) d'humitat i es considera el valor representatiu com la mitjana dels dos valors.

Taula 13. Valors exemple de càlcul d'humitat per a la mostra 1 d'Artés.

Mostra 1		
Valor d'humitat determinació A	Valor d'humitat determinació B	Valor mitjà
4,07 %	3,39 %	3,7 %

Per a calcular cadascun dels dos percentatges d'humitat mostrats anteriorment i el valor mitjà arrodonint al 0,1 %, tal i com indica la normativa, s'ha seguit el procediment de càlcul següent:

- Càlcul percentatge mostra A

$$M_{ad A} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100 = \frac{(34,8276 - 34,7810)}{(34,8276 - 33,6827)} \times 100 = 4,07 \%$$

- Càlcul percentatge mostra B

$$M_{ad B} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100 = \frac{(37,7327 - 37,6981)}{(37,7327 - 36,7125)} \times 100 = 3,39 \%$$

- Càlcul valor mitjà d'humitat arrodonit al 0,1%

$$M_{ad} = \frac{M_{ad A} + M_{ad B}}{2} = \frac{4,07 + 3,39}{2} = 3,7 \%$$

Aquest mateix procediment és el que ha estat utilitzat en totes les determinacions de totes les mostres. Els valors de tots els pesos es poden consultar a l'Annex 11.

8. Resultats

Després de fer els càlculs corresponents, els resultats d'humitat per a les diferents recollides són els que es detallen a continuació.

Taula 14. Percentatges màssics d'humitat de les mostres d'Artés analitzades.

Mostra	Codi recollida	Humitat (%)
1	R1C	3,7
2	R1P	0,9
3	R2C	7,1
4	R3C	4,7
5	R3P	0,4
6	R4C	4,9
7	R4P	2,1
8	R5C	32,1
9	R5P	4,9

9. Conclusions

Analitzant els resultats obtinguts en els càlculs d'humitat per a les diferents recollides es pot veure com els valors tenen una notable variació dins de valors baixos i d'humitat i hi ha un valor que sobresurt de la resta degut a molts possibles factors.

La humitat en aquest tipus de residus és molt variable i difícil de controlar ja que les màquines d'escombrat utilitzen un sistema d'humectació per tal de no generar partícules en suspensió durant el procés de recollida.

D'aquesta manera, és difícil determinar les causes que fan que totes les mostres de residus que s'han recollit en el centre tinguin un grau d'humitat més alt que les recollides en les perifèries, degut a que:

- La quantitat d'aigua que utilitza la màquina a cada moment de recollida pot variar fàcilment.
- Alguns dels residus han estat emmagatzemats més temps abans de ser separats ja que no s'han separat totes les mostres a la vegada ni s'han recollit totes al mateix dia.

- Les condicions atmosfèriques són força variants i òbviament no han estat les mateixes en totes les recollides.

Dit això, cal tenir en compte que la determinació del percentatge d'humitat en aquest projecte només és el pas previ per a calcular els percentatges de matèria orgànica i inorgànica que té la fracció més fina recollida en aquests residus; que es tracta en l'apartat següent.

f) Determinació del contingut en matèria orgànica i inorgànica

1. Consideracions prèvies

- El procediment de les normatives UNE utilitzades s'ha seguit de la manera més acurada possible tenint en compte l'equipament del què es disposava.

2. Introducció

A través de la Norma Europea UNE-EN 15403, s'ha determinat el contingut en cendres de les mostres seguint el mateix procediment que s'utilitza per als combustibles sòlids recuperats.

Es calcula el contingut de cendres en base seca; expressat com un percentatge de la massa de matèria seca continguda a la mostra. Es tracta de determinar la massa de residu inorgànic que queda després de la combustió de la mostra sota les condicions especificades a la norma.

3. Objectius

A través de la determinació del contingut en matèria inorgànica de les mostres podrem saber quina és la quantitat de matèria orgànica i inorgànica que trobem en la fracció "Sorres i matèria orgànica".

Així doncs, podrem saber quina és la quantitat de matèria mineral (argiles, llims, sorres i graves) es troba en la fracció barrejada amb la matèria orgànica de petites dimensions.

4. Material utilitzat

El material utilitzat al laboratori per a la determinació d'aquesta composició ha estat el següent:

- Gresols
- Mufla
- Dessecadors
- Balança analítica amb precisió de 0,1 mg

5. Preparació de la mostra

En aquest cas no hi ha hagut preparació de la mostra ja que es tracta de les mateixes mostres utilitzades per al càlcul de la humitat.

6. Procediment

El següent procediment s'ha fet per a les dues determinacions sobre la mostra d'assaig, tal i com s'ha fet en el cas de la humitat.

- a) S'escalfa el plat a la mufla a una temperatura de 550 ± 10 °C durant un mínim de 60 min. Es deixa refredar el plat en un dessecador i es pesa un cop esta fred, amb una aproximació de 0,1 mg.
- b) Col·locació d'1 g de mostra en el fons del plat, aproximadament; de manera que quedi una capa uniforme. Es pesa el plat amb la mostra amb una aproximació de 0,1 mg.
- c) S'escalfa a 105 ± 10 °C la mostra ja utilitzada per a determinar la humitat i es torna a pesar, amb la finalitat d'evitar una possible absorció d'humitat.
- d) Col·loquem el plat amb la mostra a la mufla i l'escalfem seguint el procediment següent:
 - 1) Augmentar la temperatura uniformement fins a 250 ± 10 °C durant un període de 50 min (5 K/min). Mantenim aquesta temperatura durant 60 min per evaporar els materials volàtils.
 - 2) Seguir augmentant la temperatura de l'estufa de manera uniforme fins a 550 ± 10 °C durant un temps de 60 min (5 K/min) i mantenim aquesta temperatura durant un mínim de 120 min.
- e) Traiem el plat amb la mostra de la mufla i el deixem refredar entre 5 i 10 min abans de posar-lo al dessecador, on es refreda fins a temperatura ambient; moment en que pesarem el plat amb la cendra amb una aproximació de 0,1 mg.



Figura 34. Introducció de gresols a la mufla.



Figura 35. Matèria inorgànica (mineral) restant després de la ignició.

7. Càlcul

Per tal de determinar el contingut de cendres en base seca " A_{ab} " de la mostra d'anàlisi general (ja utilitzada per analitzar-ne la humitat), expressada en percentatge en massa, s'utilitza la següent expressió:

$$A_{ab} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times \frac{100}{100 - M_{ad}} \times 100$$

On:

m_1 : massa del gresol buit expressada en grams.

m_2 : massa del gresol i la mostra humida abans del l'assecatge, expressada en grams.

m_3 : massa del gresol i la cendra expressada en grams.

M_{ad} : percentatge màssic de humitat determinat a la mateixa mostra.

Exemple determinació matèria inorgànica en la mostra 1

De la mateixa manera que es fa pels percentatges d'humitat, el resultat final es determina com la mitjana de les dues determinacions fetes per a cadascuna de les mostres amb una aproximació al 0,1 %.

Taula 15. Valors exemple de càlcul de matèria inorgànica en la mostra 1 d'Artés.

Mostra 1		
Percentatge en cendres A	Percentatge en cendres B	Valor mitjà
65,11 %	68,18 %	66,6 %

El procediment de càlcul empleat per a la determinació dels percentatges parcials i el mitjà han estat els següents:

- Càlcul percentatge en cendres A

$$A_{db\ A} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times \frac{100}{100 - M_{ad\ A}} \times 100 = \frac{34,3978 - 33,6827}{34,8276 - 33,6827} \times \frac{100}{100 - 4,07} \times 100 = 65,11 \%$$

- Càlcul percentatge en cendres B

$$A_{db\ B} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times \frac{100}{100 - M_{ad\ B}} \times 100 = \frac{37,3845 - 36,7125}{37,7327 - 36,7125} \times \frac{100}{100 - 3,39} \times 100 = 68,18 \%$$

- Càlcul mitjana del contingut en cendres

$$A_{db} = \frac{65,11 + 68,18}{2} = 66,6 \%$$

8. Resultats

Un cop realitzats els càlculs corresponents, els valors dels quals es poden consultar a l'apartat 11 dels Annexos, es determina el percentatge de matèria inorgànica a partir de les mateixes mostres d'anàlisi utilitzades per al càlcul d'humitat.

Els valors de percentatge de matèria inorgànica (sorres) obtinguts són els que es presenten a la taula de la pàgina següent.

Taula 16. Percentatge de matèria inorgànica (cendres) restant després de la ignició de les mostres d'Artés.

Mostra	Codi recollida	Matèria inorgànica (%)
1	R1C	66,6
2	R1P	89,8
3	R2C	85,6
4	R3C	90,3
5	R3P	97,2
6	R4C	88,0
7	R4P	94,5
8	R5C	65,3
9	R5P	87,7

9. Conclusions

Tal i com es pot observar en els resultats obtinguts, podem dir que dins d'aquestes mostres de matèria orgànica i matèria inorgànica (sorres) analitzades, el contingut de matèria inorgànica és elevat; es tracta de la fracció majoritària.

Aquests valors serviran per determinar les possibles opcions d'aprofitament o venda, ja que la relació entre els nivells de matèria orgànica i inorgànica determina els possibles usos futurs.

D'aquesta manera, es pot dir que les diverses fraccions han estat separades de manera completa i es pot donar per finalitzada una primera caracterització física d'aquest tipus de residus.

2.2.7. Recol·lecció de residus de neteja viària a Artés durant l'any 2014

Amb la finalitat de fer un posterior anàlisi de l'impacte econòmic que generen els residus de la neteja viària en el municipi d'Artés, aquest apartat fa una aproximació de les quantitats anuals recollides durant el passat any 2014.

Consideracions prèvies

Per tal de fer una aproximació a les quantitats recollides durant l'any 2014 s'han tingut en compte una sèrie de consideracions, que es detallen a continuació:

- Els contenidors que s'utilitzen per al buidatge tenen una capacitat de 1,1 m³ i s'ha considerat que sempre s'han buidat estant al màxim de la seva capacitat.

- Davant la falta de dades de pesos per als contenidors gestionats al municipi; per a determinar la massa, la densitat utilitzada s'ha calculat a través de les dades de pes i volum registrades durant el mateix any 2014 a la ciutat d'Igualada (dades consultables a l'apartat 10 dels Annexos).
- Es considera que els contenidors només contenen residus de neteja viària i que no s'hi ha tirat un altre tipus de rebuig durant l'any.
- Les quantitats de generació de residus al municipi durant l'any 2014 són (Font: dades de l'empresa "Ambiens S.L."):
 - 5 contenidors per setmana de Gener a Agost
 - 14 contenidors per setmana de Setembre a Desembre

Càlcul aproximat de la densitat per a aquest tipus de residus

La densitat dels residus sòlids varia de manera notable segons diferents factors com poden ser: l'estació de l'any, la situació geogràfica, el temps d'emmagatzematge i el seu grau de compactació. D'aquesta manera doncs, és difícil agafar un valor concret per a cada tipus de residus.

En el cas concret dels residus de neteja viària encara resulta més complicat determinar una densitat, doncs l'origen dels residus és difús. Tenint en compte aquestes premisses, s'ha volgut determinar un valor aproximat per tal de calcular de manera orientativa les quantitats generades en aquest municipi.

Per fer-ho, s'han utilitzat les dades de massa i volum de tots els contenidors utilitzats a la ciutat d'Igualada durant l'any 2014 facilitades per la Societat Municipal Mediambiental d'Igualada (dades i càlculs consultables als Annexes).

Tenint en compte l'esmentat anteriorment, s'ha calculat la mitjana aritmètica de totes les densitats calculades a través de la massa i el volum per a tots els contenidors recollits durant l'any 2014 i se n'ha obtingut un valor aproximat de densitat de 200 Kg/m³.

Resultats

A continuació es presenten els valors aproximats de quantitat de residus de neteja viària recollits al municipi d'Artés durant l'any 2014.

Taula 17. Quantitat aproximada de residus de neteja viària generats a Artés durant l'any 2014.

Mesos	Nº contenidors	Volum (m3)	Massa (Kg)
Gener	22,1	24,4	4871,4
Febrer	20,0	22,0	4400,0
Març	22,1	24,4	4871,4
Abril	21,4	23,6	4714,3

Maig	22,1	24,4	4871,4
Juny	21,4	23,6	4714,3
Juliol	22,1	24,4	4871,4
Agost	62,0	68,2	13640,0
Setembre	60,0	66,0	13200,0
Octubre	62,0	68,2	13640,0
Novembre	60,0	66,0	13200,0
Desembre	62,0	68,2	13640,0
TOTAL			100.634,2

NOTA: 1 contenidor = 1,1 m³

Tal i com es pot observar a la taula anterior, les quantitats recollides en època de caiguda de fulles són considerablement superiors a les que es recullen durant la resta de l'any.

La metodologia de càlcul d'aquestes quantitats es detalla en l'apartat 11 dels Annexos.

2.2.8. Estudi bàsic de viabilitat econòmica a Artés

La finalitat d'aquest apartat és determinar si és viable l'equipament d'una petita planta de tractament al municipi d'Artés, segons les propostes de valorització i tenint en compte les quantitats anuals generades.

Per valorar aquesta possibilitat, s'ha contactat amb l'empresa nord irlandesa "CDEnviro" (comentada a la Introducció), dedicada a la fabricació de maquinària destinada al tractament d'aquest tipus de residus. La finalitat ha estat la de tenir un pressupost orientatiu de la inversió inicial per a valoritzar aquests residus.

Consideracions prèvies

- Les propostes de valorització tenen en consideració dues opcions: la valorització de totes les fraccions o la valorització només de la fracció mineral (argiles, llims, sorres i graves).
- Per analitzar la viabilitat econòmica es presenta l'opció d'un tractament integral dels residus de manera informativa i, per altra banda, la separació i neteja de la fracció de sorres (tractament més bàsic).
- Les operacions de valorització s'han considerat tenint en compte que els residus han de passar per un procés de neteja que redueixi els seus nivells de contaminants (metalls pesants) per a poder ser utilitzats en la majoria de les sortides possibles per a aquests materials.

- En els percentatges massics de sorres susceptibles a ser valoritzades no s'han descomptat tots els percentatges d'humitat calculats per a cada una de les mostres, entenent que, en general, la seva influència no farà variar significativament els resultats.

Despesa actual d'eliminació

Actualment, tal i com s'ha comentat anteriorment, els residus de neteja viària s'acumulen tots en un contenidor i es porten a l'abocador sense valoritzar-ne cap part.

Per a la seva entrada a l'abocador, hi ha unes tarifes establertes segons el tipus de residu i la seva composició.

Les tarifes d'entrada de residus a l'abocador per als municipis del Bages; comarca a la qual pertany Artés; estan fixades pel Consorci del Bages per a la gestió de residus. Per als municipis consorciats, la tarifa per al 2015 per a entrar residus municipals a dipòsit controlat és de 47,30 €/tona. Aquesta quantitat de diners és el que paguen els Ajuntaments per a cada tona que entren a l'abocador.

Apart d'aquesta tarifa, també s'ha de tenir en compte el transport dels residus de l'empresa gestora fins a l'abocador, la taxa que imposa l'Agència Catalana de Residus per l'entrada d'aquests residus a l'abocador i la taxa del municipi per pertànyer al Consorci del Bages per a la gestió de residus.

Taula 18. Cost total de dipositar aquest tipus de residus d'Artés a l'abocador.

Operació/Taxa	Preu	IVA	Cost
Transport dels residus de l'empresa gestora a l'abocador.	8-10 €/tona	10 %	8,8 €/tona
Cànon de dipòsit en abocador controlat	47,3 €/tona	10 %	52 €/tona
Taxa de l'Agència Catalana de Residus	19,10 €/tona	-	19,10 €/tona
Quota d'ens consorciat	11,61 €/tona	-	11,61 €/tona
Cost aproximat total eliminació:			91,51 €/tona

Taula 19. Despesa anual segons quantitat generada.

Massa total 2014	Tarifa disposició	Despesa anual 2014
100.634 Kg	91,51 €/tona	9.209 €

Possibilitats de valorització

Valorització com a materials comercials o d'ús regulat

Les propostes de valorització que es presenten a continuació parteixen de la premissa d'obtenir uns materials que puguin ser comercialitzats o utilitzats com a productes sotmesos a controls de nivells de contaminants.

Tenint en compte que les fraccions majoritàries són les de matèria inorgànica (sorres) i matèria orgànica (branques i fulles), els processos de tractament dels materials van enfocats a aconseguir l'aprofitament d'aquestes fraccions.

Pel que fa a una valorització d'aquest tipus de residus, s'ha de tenir en compte que l'estalvi econòmic no seria del 100% del pressupost anual ja que l'aprofitament dels materials mai arriba a ser total.

A continuació s'introdueixen de manera general unes propostes de tractament basades en els pressupostos orientatius facilitats per l'empresa irlandesa "CDEnviro", comentada a la Introducció. La finalitat de la utilització d'aquestes dades és la de considerar una inversió inicial aproximada.

Taula 20. Valoració de les diferents operacions de valorització a Artés.

Operació	Cost aproximat de la inversió	Valoració
1. Posada en marxa claus en mà d'una planta amb maquinària de neteja i separació i de tots els materials.	£1,1 m (1,4 milions d'euros)	Cost extremadament elevat per a les quantitats generades al municipi. És econòmicament inviable.
2. Posada en marxa de la maquinària per a la separació només de la fracció de sorres.	£140.000 (190.000 €)	Cost massa elevat.

NOTA: Els pressupostos aproximats de les possibles operacions de tractament han estat facilitats per l'empresa "CDEnviro". Els enllaços dels vídeos de cada operació es poden consultar a l'apartat 17 dels Annexos.

Operació 1

Tal i com es veu clarament, la primera operació queda automàticament descartada per a un municipi de les dimensions d'Artés, tenint en compte les quantitats anuals generades.

Operació 2

Per tal de determinar si és viable un aprofitament de les sorres que es recullen com a residus de neteja viària es farà ús de les dades de composició física obtingudes en l'anàlisi dels residus recollits al municipi.

Per fer-ho, es té en compte que aquestes dades han estat recollides per a un període molt concret de temps i considerant que podrien patir variacions si se'n fes un estudi anual amb una quantitat més gran de recollides, degut a les diferents condicions climatològiques i d'activitat municipal que es tenen a cada estació de l'any.

Així doncs, es considera l'aprofitament de la fracció "Sorres i matèria orgànica", formada majoritàriament per sorres amb un petit percentatge de matèria orgànica, de manera general; valors que es determinen en apartats anteriors.

Per tal de calcular l'estalvi anual aproximat, es calcula la mitjana aritmètica dels percentatges d'aquesta fracció en totes les recollides fetes (càlculs consultables a l'apartat 11 dels Annexos).

Taula 21. Càlcul aproximat de l'estalvi anual en l'aprofitament de la fracció sorres a Artés.

<i>Presència mitjana de sorres en les recollides</i>	<i>Contribució en el pes total anual</i>	<i>Preu entrada abocador</i>	<i>Estalvi anual</i>
38,38 %	38.623 Kg	91,51 €/tona	3.534 €

A l'estalvi anual que aconseguiria el municipi per la no entrada a l'abocador d'aquesta part dels residus, caldria sumar-li els beneficis que n'obtindria per a la venda d'aquests materials com a producte aprofitat, per no anomenar-lo subproducte, ja que no es deriva de cap procés industrial.

Tot i així, es veu clarament que per fer front a una operació de valorització de les sorres és un estalvi insuficient per a un municipi d'aquestes característiques.

Valorització com a material de cobriment en abocadors

Tenint en compte les tècniques utilitzades en el cobriment dels residus als abocadors, cal dir que els residus viaris hi podrien tenir utilitat. D'aquesta manera, se'ls hi podria donar una utilitat ja que, en aquest municipi de petites dimensions, no constitueixen unes quantitats suficients per al seu tractament amb una posterior comercialització dels materials recuperats.

Els abocadors controlats de residus, fan servir mètodes de cobertura per tal d'evitar diferents fenòmens que es deriven de la seva activitat.

Com a cobriment diari

La fracció de matèria orgànica fina i sorres que, tal i com s'ha vist en les mostres d'aquest estudi, està formada en major part per matèria inorgànica, es podria utilitzar perfectament per al cobriment diari.

Consisteix en utilitzar certs materials per a fer una cobertura al final de cada jornada laboral amb les finalitats que s'enumeren a continuació:

- Reducció de les olors que generen els residus dipositats.
- Evitar l'impacte visual.
- Evitar la dispersió dels residus per l'entorn degut al vent.
- Regular la infiltració d'humitat cap als residus.
- Evitar que certs animals puguin entrar en contacte amb els residus.
- Prevenció de possibles incendis.

Com a cobriment intermedi

La fracció de matèria orgànica (principalment fulles i branques) es podria compostar de manera parcial i utilitzar per a aquest tipus de cobriment.

Aquest tipus de cobertura s'utilitza principalment en nivells completats de l'abocador on els materials de cobriment hi estaran exposats durant un període més llarg de temps que en la cobertura diària, concretament, fins que sobre aquestes cel·les de l'abocador s'hi col·loquin cel·les noves. En aquell moment, es pot retirar part d'aquest material per a utilitzar-lo com a cobertura diària.

En aquest cas, la funció que ha de fer el material de cobertura és la de reduir la humitat que pugui penetrar cap als residus. Acostuma a tenir un gruix d'entre 30 i 40 centímetres.

Per tal de fer aquest tipus de funció, és útil la utilització de materials orgànics parcialment compostats ja que ajuden a controlar les olors que es puguin desprendre de les capes inferiors de residus.

Com a cobriment final

En el cas de la fracció de residus assimilables a sorres analitzats en aquest projecte, que en general tenen un alt percentatge de matèria inorgànica, serien útils en la primera capa de cobriment, que està en contacte amb els residus i té la finalitat de crear una superfície estable.

En aquest cas és important que el percentatge de matèria orgànica sigui reduït ja que sinó amb el pas del temps la capa perdria gruix i estabilitat a causa de la descomposició d'aquesta.

La cobertura final té la funció de segellar els nivells i es tracta d'una compactació de diferents capes on cadascuna té la seva funció.

Esta formada per les capes següents:

- Primera capa: base d'uns 50 cm de sòl compactat sobre els residus per tal de crear una superfície estable.
- Segona capa: capa d'argila o multicapa construïda amb pendent per afavorir el drenatge. En aquesta capa s'hi poden incloure geomembranes, materials geotèxtils o geomalles.
- Tercera capa: coberta de terra vegetal d'uns 20 centímetres amb la finalitat d'afavorir el creixement de la vegetació de recobriment.

Les funcions que ha de fer són:

- Retenir humitat per tal de facilitar el creixement de la vegetació.
- Fer que l'abocador s'integri al paisatge del medi natural.
- Evitar la infiltració d'aigua cap als residus i així limitar la generació de lixiviats.

S'ha de tenir en compte però, que en el cas de la capa de cobriment final s'hauria de garantir que els materials emprats no constitueixen un perill pel seus nivells de contaminants.

Conclusió

És evident que en un municipi de les dimensions d'Artés és econòmicament inviable fer un tractament de valorització dels residus de la neteja viària ja que els costos d'inversió inicial són massa elevats per a poder amortitzar-los.

Una de les sortides que podria ser factible per a aquest municipi és utilitzar-los com a material de cobriment en abocadors, ja que a priori no caldria tractar-los, aconseguint

potser un descompte en la tarifa a pagar per tal d'entrar-los a l'abocador, si aquest necessita materials de cobriment.

Per al municipi, una manera que li podria ser factible per tal d'aprofitar els residus de neteja viària; com a mínim la part de sorres; seria a través de fer una agrupació dels municipis de la comarca del Bages, per exemple. Aquest tema es comenta en més profunditat en les conclusions finals de l'estudi.

2.3. Municipi d'Igualada

2.3.1. Introducció

De manera posterior i anàloga a l'estudi fet al municipi d'Artés, s'ha realitzat l'estudi a la ciutat d'Igualada amb la finalitat de determinar possibles diferències que hi puguin haver en la caracterització física dels residus quan es tracta d'una població major.

En aquest cas, les quantitats d'aquest tipus de residus generades anualment són considerablement més elevades, de manera que poden obrir les portes a una major viabilitat en la recuperació d'aquests materials.

2.3.2. Recollida de les mostres

Les recollides de mostres s'han fet totes durant el mes d'Agost de 2015 a l'empresa que es dedica a la gestió dels residus en aquest municipi, que és "Fomento de Construcciones y Contratas (FCC)".

Tal i com s'ha fet en el municipi anterior, a Igualada s'han fet un total de 10 recollides de residus, també diferenciant entre les recollides fetes en zones centríques de la ciutat i les fetes en zones perifèriques.

Zones de recollida

A continuació es mostren alguns exemples de zones centríques i zones perifèriques on s'han fet algunes de les recollides.

Zona cèntrica

En aquest cas, la zona cèntrica és una de les zones amb més activitat de la ciutat d'Igualada, on hi ha la major concentració de comerços i activitat en general durant tota la setmana.

A continuació es mostren alguns dels carrers on s'han fet les recollides de residus de zona cèntrica, pertanyents a les recollides MIX 05-01 i MIX 05-02, amb els plànols consultables a l'apartat 13 dels Annexos.



Figura 36. Exemple de carrer en la recollida cèntrica MIX 05-01.



Figura 37. Exemple de carrer en la recollida cèntrica MIX 05-02.

Zona perifèrica

Per altra banda, com a zona perifèrica s'ha considerat la part residencial de la zona denominada "Les Comes", on l'activitat és notablement menor que en el cas cèntric.



Figura 38. Exemple de carrer en la recollida perifèrica MIX 01-01.



Figura 39. Exemple de carrer en la recollida perifèrica MIX 01-02.

Resum de les recollides efectuades

Seguidament es mostra una taula on hi ha resumida la informació de totes les recollides fetes a la ciutat d'Igualada.

Taula 22. Resum de les recollides efectuades a Igualada amb les zones i codis corresponents.

Recollida	Dia	Zona	Torn	Codi al plànol	Codi de recollida
1	10/08/2015	Districte Les Comes	Matí	MIX01-01	I R1P
		Districte Centre	Tarda	MIX05-01	I R1C
2	11/08/2015	Districte Les Comes	Matí	MIX01-02	I R2P
		Districte Centre	Tarda	MIX05-02	I R2C
3	13/08/2015	Districte Les Comes	Matí	MIX01-01	I R3P
		Districte Centre	Tarda	MIX05-01	I R3C
4	14/08/2015	Districte Les Comes	Matí	MIX01-02	I R4P
		Districte Centre	Tarda	MIX05-02	I R4C
5	17/08/2015	Districte Les Comes	Matí	MIX01-01	I R5P
		Districte Centre	Tarda	MIX05-01	I R5C

NOTA: els plànols de recollida corresponents als codis de la taula es poden consultar a l'apartat 13 dels Annexos.

Metodologia de recollida

La manera de recollir les mostres ha estat exactament la mateixa emprada al primer municipi d'estudi.

S'ha utilitzat el mateix tipus de contenidors de 25 litres omplerts per gravetat mitjançant el sistema d'abocament previst a les màquines escombradores. En aquest cas, s'ha utilitzat el mateix model de màquina d'aspiració utilitzat en l'altre municipi, per a fer les recollides, dotada amb placa d'ejecció per tal de descarregar els residus.

A continuació es poden veure dues imatges d'una de les recollides fetes a l'empresa gestora dels residus de la ciutat.



Figura 40. Contenedor col·locat en posició de recollida a Igualada.



Figura 41. Màquina abocant els residus mitjançant la placa d'ejecció.

Separació dels residus recollits

La procés separació dels residus recollits a Igualada s'ha dut a terme d'una manera molt similar als recollits a Artés.

Cal destacar però, que la part de sorres recollida presenta una major incidència i un ventall més ampli pel que fa a la seva granulometria. D'aquesta manera, s'ha inclòs una altre fracció, que és la de "Graves".

Així doncs, el procés de separació en el cas d'Igualada, queda de la següent manera:

1. Separació dels residus de majors dimensions

Separació de les fraccions d'envasos, paper i cartró i d'altres.

2. Separació de les graves

Es tracta del pesatge per separat d'una fracció mineral de majors dimensions que les sorres. D'aquesta manera, fent servir el garbell amb la malla de 12 forats per polzada (2,1 mm de llum) s'han separat les graves de les sorres tenint en compte que la granulometria de les graves, en mineralogia, es considera de 2 mm a 20 mm, aproximadament. Així doncs, es separen de manera aproximada tenint en compte els medis disponibles.

3. Obtenció de les argiles, llims, sorres i matèria orgànica de petites dimensions

Després de fer la separació de les graves, la fracció restant es considera tota dins d'aquest grup. Aquesta fracció serà la que passarà per les cremes de laboratori amb la finalitat de conèixer quina quantitat de matèria orgànica hi ha barrejada.

2.3.3. Classificació dels materials de les mostres

Per al cas de la ciutat d'Igualada doncs, la classificació dels diversos materials en grups es farà mitjançant els grups que es proposen a continuació. Tal i com s'ha comentat anteriorment, en aquest cas, s'hi ha detectat la presència de partícules amb granulometria superior a la que correspon per al cas de sorres, de manera que s'ha inclòs un altre grup anomenat "Graves".

A la taula següent es poden veure els diversos grups considerats.

Taula 23. Classificació dels diferents materials en fraccions per a les recollides d'Igualada.

FRACCIÓ	MATERIALS
Envasos	<ul style="list-style-type: none">• Ampolles de plàstic (PET, PEAD, PEBD, PVC)• Paper film• Bosses• Restes de plàstics• Llaunes (alumini, acer)• Cartró de begudes• Fusta envàs
Paper i cartró	<ul style="list-style-type: none">• Paper imprès• Capses i caixes de cartró
Cel·luloses	<ul style="list-style-type: none">• Mocadors• Draps de paper
Matèria orgànica	<ul style="list-style-type: none">• Fulles• Branques• Flors
Graves	<ul style="list-style-type: none">• Partícules de sòl de dimensions majors a 2,1 mm
	<ul style="list-style-type: none">• Matèria orgànica de petites dimensions• Argiles

Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	<ul style="list-style-type: none"> • Llims • Sorres
Altres	<ul style="list-style-type: none"> • Burilles de tabac • Plàstics no envàs • Tèxtil • Acer no envàs • Fusta no envàs • Vidre • D'altres

2.3.4. Composició de les diferents recollides

De la mateixa manera que s'ha fet per a l'altre municipi, es procedeix a determinar el percentatge en pes de cada fracció per tal de fer una caracterització física dels residus de neteja viària recollits a Igualada.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, en aquest cas també s'ha diferenciat les recollides fetes en zones de centre i les fetes en zones perifèriques.

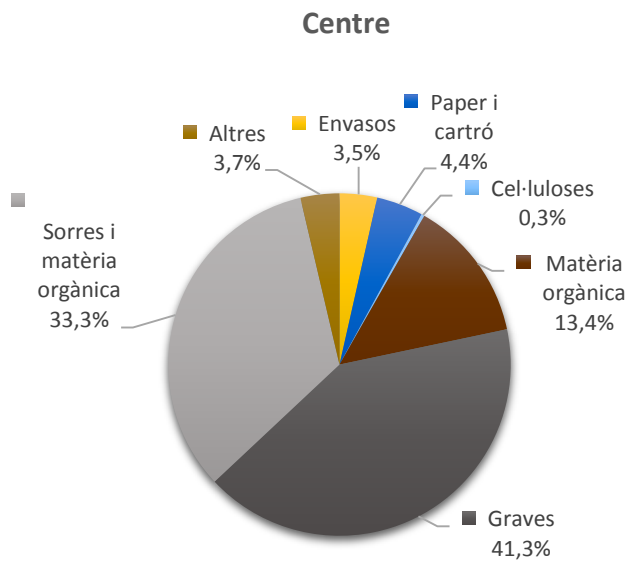
Consideracions prèvies

- En les recollides de residus fetes a Igualada, de la fracció "Sorres i matèria orgànica"; considerada a Artés com un grup; se n'ha extret la part de partícules de sòl considerades graves, ja que se n'ha detectat una presència molt superior, que calia destacar. D'aquesta manera es forma el nou grup "Graves", inclòs en la taula anterior.

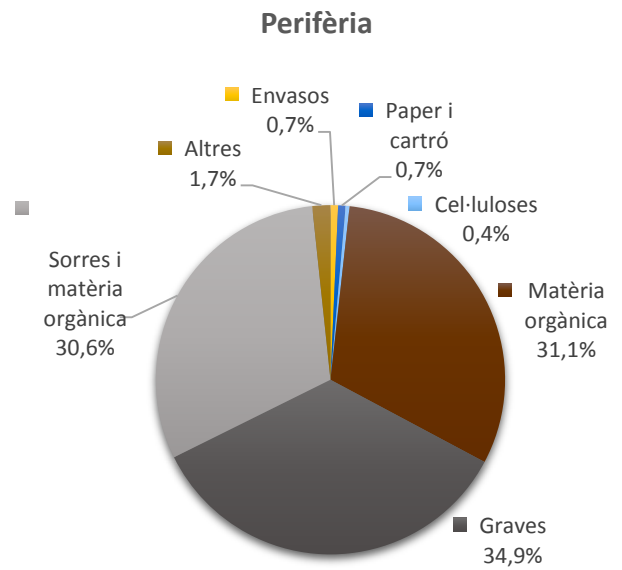
Recollida 1 (IR1C i IR1P)

Taula 24. Pesos de les diferents fraccions considerades (IR1 Igualada).

Fracció	Recollida Centre	Recollida Perifèrica
	Pes (g)	
Envasos	170	54
Paper i cartró	212	53
Cel·luloses	14	28
Matèria orgànica	645	2395
Graves	1983	2690
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	1599	2364
Altres	176	129
Pes total	4799	7713



Gràfic 10. Percentatges massics (IR1C Igualada).

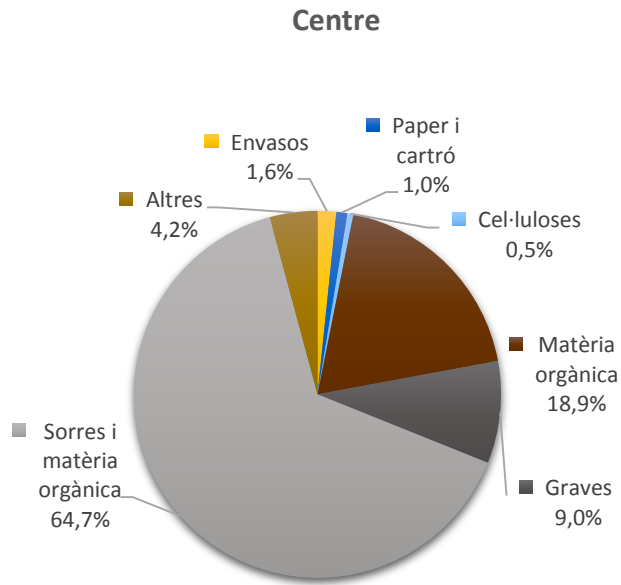


Gràfic 11. Percentatges massics (IR1P).

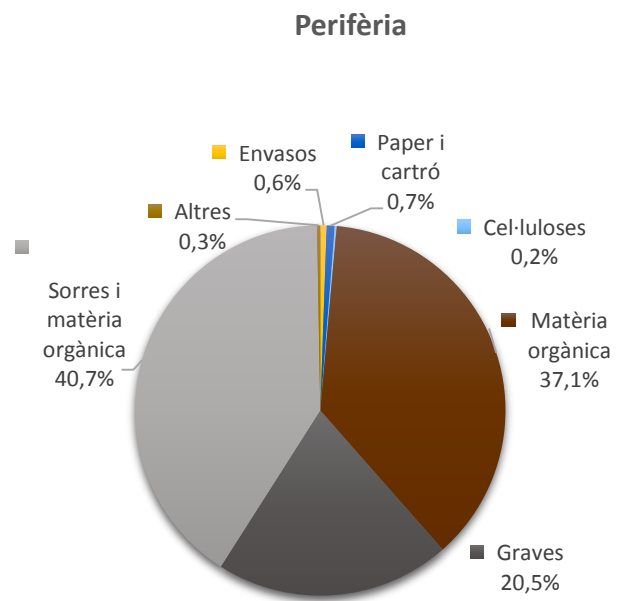
Recollida 2 (IR2C i IR2P)

Taula 25. Pesos de les diferents fraccions (IR2 Igualada).

Fracció	Recollida Centre	Recollida Perifèrica
	Pes (g)	
Envasos	104	16
Paper i cartró	62	20
Cel·luloses	33	5
Matèria orgànica	1202	1072
Graves	571	593
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	4107	1176
Altres	266	8
Pes total	6345	2890



Gràfic 12. Percentatges massics (IR2C).

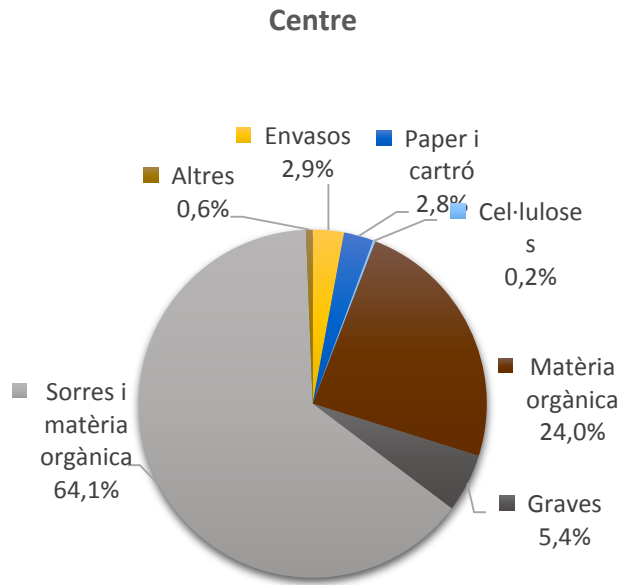


Gràfic 13. Percentatges massics (IR2P).

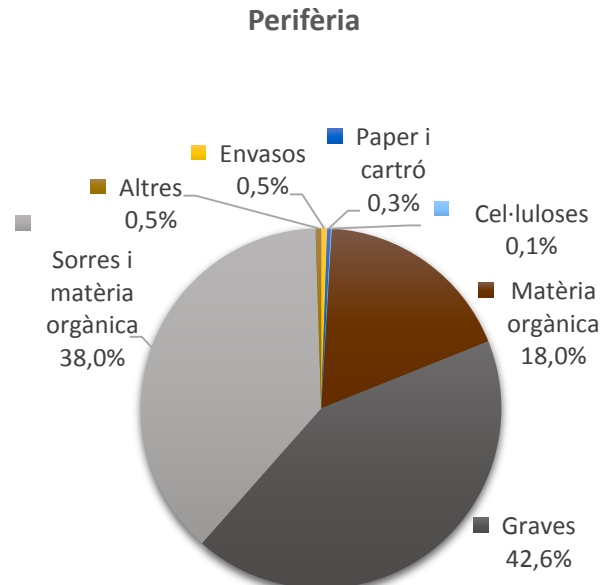
Recollida 3 (IR3C i IR3P)

Taula 26. Pesos de les fraccions considerades (IR3 Igualada).

Fracció	Recollida Centre	Recollida Perifèrica
	Pes (g)	
Envasos	79	69
Paper i cartró	75	42
Cel·luloses	6	11
Matèria orgànica	654	2301
Graves	148	5452
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	1748	4861
Altres	17	64
Pes total	2727	12800



Gràfic 14. Percentatges massics (IR3C).

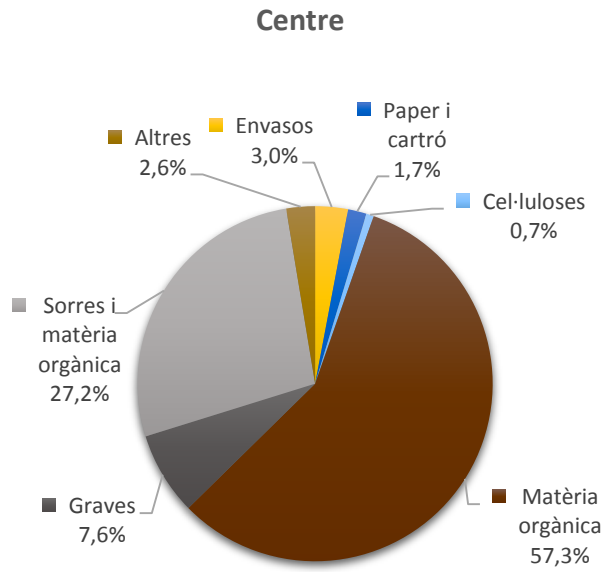


Gràfic 15. Percentatges massics (IR3P).

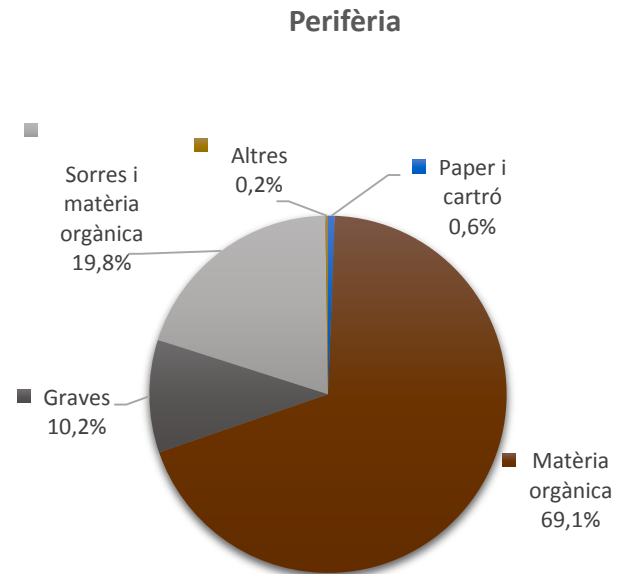
Recollida 4 (IR4C i IR4P)

Taula 27. Pesos de les fraccions considerades (IR4 Igualada).

Fracció	Recollida Centre	Recollida Perifèrica
	Pes (g)	
Envasos	87	0
Paper i cartró	49	18
Cel·luloses	20	0
Matèria orgànica	1669	2041
Graves	220	301
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	792	586
Altres	76	7
Pes total	2913	2953



Gràfic 16. Percentatges massics (IR4C).

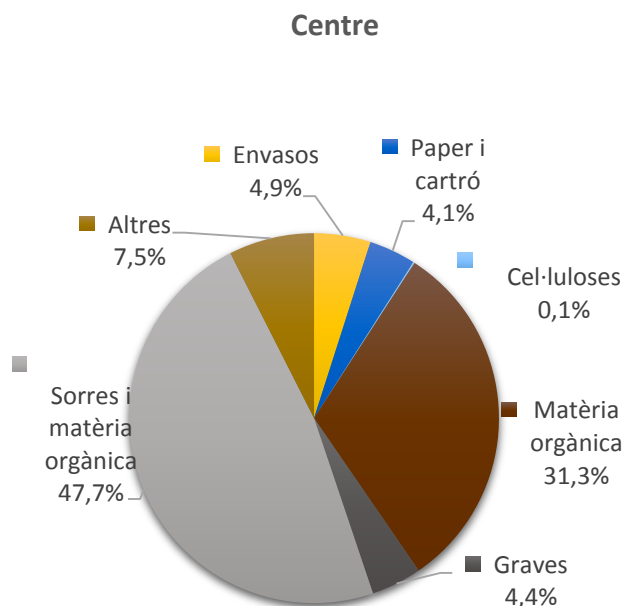


Gràfic 17. Percentatges massics (IR4P).

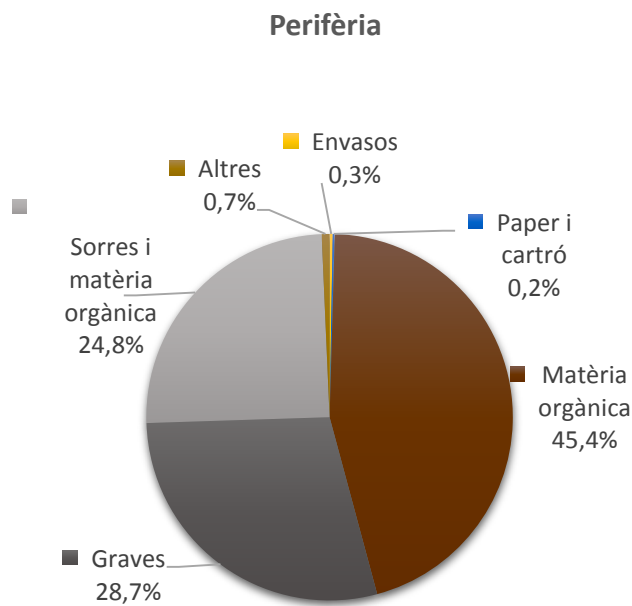
Recollida 5 (IR5C i IR5P)

Taula 28. Pesos de les fraccions considerades (IR5 Igualada).

Fracció	Recollida Centre	Recollida Perifèrica
	Pes (g)	
Envasos	121	28
Paper i cartró	100	17
Cel·luloses	3	2
Matèria orgànica	766	4676
Graves	108	2956
Sorres i matèria orgànica de petites dimensions	1168	2559
Altres	183	71
Pes total	2449	10309



Gràfic 18. Percentatges massics (IR5C).



Gràfic 19. Percentatges massics (IR5P).

2.3.5. Determinació del contingut en matèria orgànica i inorgànica

Per a la determinació dels percentatges de matèria orgànica i inorgànica en les fracció de "Sorres i matèria orgànica" corresponents al municipi d'Igualada, es segueix exactament el mateix procediment que en el cas del municipi d'Artés.

Primerament, es calcula els percentatges d'humitat de totes les recollides i després, mitjançant aquest valor, es calcula per a cada mostra el percentatge de matèria orgànica i inorgànica.

Tots els valors dels diferents pesos registrats per tal de calcular els valors d'humitat i de matèria inorgànica es troben recollits a l'apartat 11 dels Annexos.

a) Determinació de la humitat de les mostres recollides

A continuació es determinen els percentatges d'humitat per a les diferents recollides realitzades.

Resultats

Els resultats obtinguts en la determinació dels percentatges d'humitat han estat els que es presenten a continuació.

Taula 29. Percentatges d'humitat de les mostres recollides a Igualada.

Mostra	Codi de recollida	Humitat (%)
1	IR1C	0,6
2	IR1P	1,1
3	IR2C	1,3
4	IR2P	1,8
5	IR3C	0,5
6	IR3P	3,6
7	IR4C	1,6
8	IR4P	2,0
9	IR5C	0,4
10	IR5P	8,2

Conclusió

Tal i com s'ha comentat anteriorment, la determinació del percentatge és només el pas previ per a la determinació dels percentatges en pes de matèria orgànica i inorgànica.

Tot i així, com es pot observar, els percentatges d'humitat de les mostres recollides a Igualada tenen un nivell d'humitat inferior (en general) que les recollides a Artés. Aquest fet, s'ha notat alhora de la separació dels materials dels residus, ja que ha estat més fàcil de garbellar la fracció de sorres degut a la no formació d'aglomeracions causades per la humitat.

Tal i com s'ha comentat per al cas d'Artés, els nivells d'humitat depenen de masses factors com per caracteritzar-los: condicions meteorològiques, sistema d'humectació de la màquina, temps d'emmagatzematge, etc.

El fet que els nivells d'humitat siguin més baixos en els residus recollits a Igualada es podria atribuir als factors següents:

- El sistema d'humectació de les màquines a Igualada utilitza una quantitat d'aigua menor.
- Les recollides a Igualada s'han fet durant un període més sec (menys pluges).

b) Determinació del contingut en matèria orgànica i inorgànica

Pel que fa a la determinació del contingut en matèria orgànica i inorgànica, també s'ha seguit el mateix procediment explicat per al municipi anterior.

Seguidament, es presenten els percentatges en pes de matèria inorgànica trobats en les mostres.

Resultats

Els resultats obtinguts en aquest cas han estat els que es presenten a continuació.

Taula 30. Percentatges de matèria inorgànica de les mostres d'Igualada.

Mostra	Codi de recollida	Matèria inorgànica (%)
1	IR1C	93,0
2	IR1P	89,4
3	IR2C	93,4
4	IR2P	79,4
5	IR3C	94,3
6	IR3P	95,1
7	IR4C	84,7
8	IR4P	79,9
9	IR5C	93,6
10	IR5P	91,8

Conclusions

Els nivells de matèria inorgànica d'aquestes recollides també presenten uns nivells elevats, de manera que és el component majoritari dins de la fracció de sorres.

2.3.6. Recol·lecció de residus de neteja viària a Igualada durant l'any 2014

En el cas d'Igualada, si que hi ha registrades unes dades més concretes pel que fa a les quantitats de residus de neteja viària recollits durant l'any 2014.

A continuació es presenten les dades per a cada mes de l'any i la determinació de la quantitat total anual que es gestiona en aquesta ciutat.

Aquestes dades han estat calculades a partir dels pesos de tots els contenidors enviats a abocador durant el 2014, les quals han estat facilitades per la Societat Municipal Mediambiental d'Igualada.

Consideracions prèvies

- Es considera que els pesos registrats de cada dia de buidatge (consultables a l'apartat 10 dels Annexos) corresponen exclusivament a residus provinents de la neteja viària.

Càlcul

Per tal de calcular les quantitats mensuals i anual de generació de residus de neteja viària, s'ha partit de les dades (consultables a l'apartat 10 dels Annexos) facilitades pel Servei de Gestió Mediambiental d'Igualada, corresponents a tots els dies de buidatge durant l'any 2014.

D'aquesta manera, simplement s'han sumat tots els dies pertanyents a un mateix mes i se n'ha extret el total.

Resultats de quantitats recollides

A continuació es presenten els resultats de recol·lecció de cada mes i el total anual.

Taula 31. Quantitat mensual i anual de residus de neteja viària recollits a Igualada.

Mes	Quantitat (Kg)
Gener	36.640
Febrer	18.740
Març	23.800
Abril	23.880
Maig	36.580
Juny	19.460
Juliol	36.600
Agost	18.180
Setembre	21.680
Octubre	20.620
Novembre	42.480
Desembre	57.380
TOTAL	356.040 Kg

Conclusions

La quantitat anual recollida a la ciutat d'Igualada està al voltant de les 356 tones. Es tracta d'una xifra més de tres cops més gran que la calculada de manera més aproximada per al municipi d'Artés; encara que el seu nombre d'habitants és sis cops major.

A simple vista, es podria dir que la generació d'aquest tipus de residus no és proporcional al nombre d'habitants però no podem oblidar que cal considerar diversos aspectes influents en les quantitats recollides.

S'ha de tenir en compte que aquests valors estan lligats a una sèrie de factors com ara:

- La programació de la neteja: si estan programades d'una manera més intensiva, és probable que les quantitats recollides siguin diferents que si es neteja algun cop per setmana. Per exemple, si es neteja de tant en tant, molts dels residus que es recollirien poden anar a parar als embornals i ja no es comptabilitzen com a residus de neteja viària.
- Condicions meteorològiques: és evident que aquestes condicions poden influir a les quantitats recollides i sobretot si comprarem una zona més rural com el cas d'Artés i un municipi com Igualada. Per exemple, en cas de pluja, la sorres dels camins poden arribar fàcilment a les zones de neteja en les zones perifèriques.
- Efectivitat de les màquines i operaris: la destresa que tinguin els operaris alhora d'utilitzar les màquines i l'adequació del propi funcionament de la màquina també és un aspecte a tenir en compte.

2.3.7. Estudi bàsic de viabilitat econòmica en l'aprofitament

Per tal de veure si és factible el tractament dels residus provinents de la neteja viària en una ciutat de les característiques d'Igualada s'analitzarà de manera bàsica les inversions possibles depenent d'un possible estalvi en l'aprofitament dels materials que formen aquests residus.

Per tal de fer-ho, primer es determinen les despeses actuals per tal de dipositar aquest tipus de residus en un abocador controlat.

Despesa actual d'eliminació

Els residus de neteja viària han de sortir de l'empresa gestora; anar a una planta de transferència i d'allà, ser portats a l'abocador.

Les plantes de transferència són centres de recepció de residus sòlids urbans propers a les poblacions que condicionen els residus per al seu posterior trasllat a l'abocador. La seva finalitat és optimitzar els costos de transport, de manera que els vehicles que fan recollida de residus a la ciutat no s'hagin de desplaçar fins al centre de tractament sinó que ho facin vehicles específics més optimitzats.

A la següent taula es detallen els costos complets de portar i entrar els residus a un abocador controlat.

Taula 32. Costos totals de dipositar aquest tipus de residus a l'abocador (Igualada).

Operació/Taxa	Preu	IVA	Cost
Transport de l'empresa gestora a la planta de transferència	8-10 €/tona	10 %	8,8 €/tona
Transport de la planta de transferència a l'abocador + cànon de dipòsit en abocador controlat	54,99 €/tona	10 %	60,49 €/tona
Taxa de l'Agència Catalana de Residus	19,10 €/tona	-	19,10 €/tona
Cost aproximat total eliminació:			88,4 €/tona

Taula 33. Despesa anual per dipositar aquests residus a l'abocador (Igualada).

Massa total 2014	Cost eliminació	Despesa anual 2014
356.040 Kg	88,4 €/tona	31.473 €

Valorització com a material comerciable

De la mateixa manera que s'ha comentat per a l'altre municipi, l'aprofitament dels materials d'aquest tipus de residus no arriba el 100% degut a la seva naturalesa i origen divers, de manera que un possible aprofitament no comportaria un estalvi del total del pressupost anual sinó que es podria arribar a una valorització màxima d'un 80-85% aproximadament, segons experiències anteriors en altres països.

A continuació es valoren dues operacions: la operació de tractament complet i la més bàsica, basant-se en les dades orientatives facilitades per l'empresa "CDEnviro", que dissenya i instal·la aquest tipus de maquinària.

Taula 34. Valoració de les possibles operacions de valorització d'aquests residus a Igualada.

Operació	Cost aproximat	Valoració
1. Posada en marxa claus en mà d'una planta amb maquinària de neteja i separació i de tots els materials.	£1,1 m (1,4 milions d'euros)	Cost extremadament elevat per a les quantitats generades al municipi. És econòmicament inviable.
2. Posada en marxa claus en mà de maquinària per a la separació de la fracció de sorres.	£140.000 (190.000 €)	Possible.

NOTA: Els pressupostos aproximats de les possibles operacions de tractament han estat facilitats per l'empresa "CDEnviro".

Operació 1

Aquesta opció de valorització no seria viable per a les quantitats generades a una ciutat amb les dimensions d'Igualada ja que l'amortització de la inversió seria massa llarga.

Operació 2

Aquesta operació podria ser viable donant-li una sortida a aquesta fracció important trobada a totes les recollides: la fracció de sorres. Parlant de sorres, ens referim a les fraccions de "Sorres i matèria orgànica" i "Graves" ja que segons l'empresa, mitjançant aquesta maquinària, normalment es recuperen les partícules de granulometria que va de 0 fins a 5 mm, tot i que es podria arribar a separar partícules de 0 fins a 8 mm.

Per tal de poder calcular un estalvi anual aproximat, s'ha calculat la presència mitjana d'aquestes fraccions en les recollides efectuades tenint en compte que la gran majoria de partícules estan compreses dins d'aquesta granulometria. Concretament, en aquestes fraccions s'hi inclouen els tipus de partícules de sòl següent: argiles, llims, sorres i graves (classificació consultable a l'apartat 8 dels Annexos).

Així doncs, es calcula la presència mitjana d'aquestes fraccions sumant els dos percentatges en cada recollida i calculant-ne la mitjana aritmètica de totes les recollides efectuades (càlculs consultables a l'apartat 11 dels Annexos).

Taula 35. Estalvi anual aproximat per a la valorització de la fracció sorres a Igualada.

<i>Presència mitjana de sorres en les recollides</i>	<i>Contribució en el pes total anual</i>	<i>Preu entrada abocador</i>	<i>Estalvi anual aproximat</i>
59,5 %	211.843 Kg	88,4 €/tona	18.726 €

S'ha de tenir en compte que a aquest estalvi anual aproximat s'hi haurien de sumar els beneficis que s'obtidrien per la venda d'aquestes sorres com a productes.

A més a més, també cal tenir en compte que aquesta maquinària permet també tractar els residus que s'acumulen en els embornals.

Comercialització de les sorres

El preu de la comercialització de les sorres com a producte aprofitat dependria de la demanda d'aquest segons el moment.

De totes maneres, per fer una aproximació dels beneficis que es podrien obtenir en la venda de les sorres se n'han consultat els preus actuals corresponents a sorra de granulometria de 0 a 5 mm, considerant que la maquinària treballa normalment entre aquests rangs encara que pugui arribar fins a 8 mm.

Taula 36. Benefici anual aproximat per a la valorització de la fracció sorres a Igualada.

<i>Producte</i>	<i>Contribució en el pes total anual</i>	<i>Preu de venda 2015</i>	<i>Benefici anual aproximat</i>
Sorra de granulometria 0 a 5 mm	211.843 Kg	10,60 €/tona	2.245 €

NOTA: el preu de venda s'ha extret de la tarifa del 2015 de l'empresa Àrids García. Font: (Àrids García sense data).

Amortització

Seguidament, es fa un càlcul bàsic del temps d'amortització tenint en compte l'estalvi anual total, que correspon a la suma de l'estalvi que s'aconsegueix al no portar la fracció de sorres a l'abocador i el benefici en la comercialització d'aquestes.

Taula 37. Amortització de la instal·lació per al tractament de la fracció sorres a Igualada.

<i>Estalvi anual total</i>	<i>Inversió inicial aproximada</i>	<i>Temps d'amortització</i>
20.971 €	190.000€	9 anys

Conclusions

La viabilitat d'un tractament complet d'aquest tipus de residus tampoc és viable per a un municipi com Igualada. La generació de residus no és suficient per tal d'amortitzar una inversió d'aquestes dimensions.

Dit això, pel que fa a l'opció de l'aprofitament de la fracció de sorres, fent un procés de separació i rentat de manera que només és pugui valoritzar aquesta part, sembla una opció interessant a tenir en compte per part dels ens públics. Aquesta qüestió es tracta en més detall a les conclusions finals del projecte.

CAPÍTOL 3. CONCLUSIONS.

3.1. Caracterització física dels residus de neteja viària

A través de la caracterització física dels residus de neteja viària feta als municipis d'Artés i Igualada, es pot afirmar que aquest tipus de residus tenen unes fraccions potencialment valoritzables.

Analitzant els resultats obtinguts de percentatges en massa de les diverses fraccions, es pot comprovar com les fraccions majoritàries en pes són les de matèria orgànica i sorres.

De tota manera, a mode de resum general, cal dir que els principals materials subjectes a reciclatge o valorització són:

- a) Envasos i plàstics:** aquesta fracció ha estat trobada a quasi bé totes les recollides efectuades i en major incidència a les zones centre, degut a una major activitat.
- b) Paper i cartó:** la fracció de paper i cartró, com l'anterior, es troba majoritàriament en les zones on hi ha major activitat. Es troba present en major percentatge en pes a les zones considerades centre.
- c) Matèria orgànica: branques, fulles i altres restes vegetals:** en aquest cas, ens trobem davant d'una de les fraccions majoritàries detectades en les recollides. En una planta de tractament, es podrien separar per tal de triturar i fer compost.
- d) Argiles, llims, sorres, graves i matèria orgànica de petites dimensions :** aquesta fracció és la més complicada de separar ja que els elements que la formen tenen unes dimensions molt similars. S'ha de tenir en compte que, depenent del nivell de matèria orgànica que continguin aquests minerals i l'ús que se'n vol donar, no caldrà separar-los.
- e) Altres:** Aquesta fracció està formada per tots els materials que no s'inclouen en els grups anteriors. En les recollides efectuades al centre acostuma a estar formada principalment per burilles de tabac. En les recollides perifèriques, poden ser materials diversos.

3.2. Tendències en la composició de les mostres recollides a Artés i Igualada.

Tenint en compte i sent conscients que les recollides, tant a Artés com a Igualada, s'han realitzat en períodes molt concrets de temps, cal dir que l'objectiu del projecte en aquest sentit era fer-se una idea de quina composició tenen aquest tipus de residus i quins són els materials que s'estan portant directament a l'abocador sense plantejar-ne el seu aprofitament.

És evident que, per tal de saber de manera exacta quins són els percentatges de cada material en aquest tipus de residus, s'hauria de fer un mostreig molt més elevat en nombre de mostres on s'hi puguin considerar totes les estacions de l'any. Aquest fet és degut a que aquest tipus de residus tenen un origen molt difús i la seva composició pot dependre de molts factors com ara: condicions meteorològiques, activitat concreta en el lloc de recollida, característiques de la màquina escombradora, entre d'altres.

S'ha de dir però, que la mitjana dels percentatges dels diferents materials trobats en les recollides s'aproxima força als valors investigats dels nivells de recuperació d'aquests materials en altres països, comentats a la Introducció.

Així doncs, fent una valoració general de les mostres recollides, cal dir que les fraccions que tenen una major incidència en les mostres, tant de centre com perifèriques, són les que corresponen a sorres i matèria orgànica.

Per altra banda, com era d'esperar, a totes la recollides efectuades en zones de major activitat s'hi troba una major quantitat de envasos i paper i cartró; a diferència de les mostres de zones perifèriques, on aquestes fraccions hi tenen una representació minoritària o fins i tot inexistent.

3.3. Percentatge de matèria orgànica en la fracció "Sorres i matèria orgànica"

Les feines fetes al laboratori han servit per separar aquelles fraccions que no era possible separar de manera manual, amb l'objectiu de conèixer quin percentatge de matèria orgànica es trobava barrejat amb les sorres.

Així doncs, després d'haver fet els anàlisis corresponents, cal dir que els nivells de matèria orgànica de petites dimensions que es troba en aquesta fracció, és minoritari en comparació al contingut de matèria inorgànica (sorres).

D'aquesta manera, si fem la calculem el percentatge mitjà de matèria inorgànica en les mostres analitzades per a cada municipi, n'obtenim un 85,0 % per a Artés i un 89,5 % per al cas Igualada.

3.4. Possibilitat de valorització dels residus de neteja viària

Hem pogut comprovar que la valorització dels residus de neteja viària en el nostre país també és factible, tenint en compte els materials que els formen.

Tot i així, la inversió inicial necessària per al tractament que necessiten aquest tipus de residus per a ser valoritzats, només és viable si les quantitats de generació o millor dit, de recol·lecció, són elevades.

Tenint en compte això es presenten dos principals escenaris: el tractament complet dels residus amb alts percentatges de valorització i reducció dels possibles nivells de contaminants o un tractament parcial on s'aprofitei només la fracció de sorres sense tractament químic.

3.4.1. Recol·lecció anual orientativa per a fer viable el seu tractament complet

En el cas que es vulgui arribar a un alt percentatge de valorització i que els residus passin per un procés de tractament químic que redueixi els nivells de contaminants dels materials aprofitables per tal de potenciar-ne els possibles usos posteriors, és necessari fer un tractament complet d'aquest.

Per a fer-se una idea del volum de residus que seria factible tractar mitjançant una planta de neteja i separació total, es considera un cost total d'eliminació com en el cas d'Igualada (88,4 €/tona) i un temps d'amortització de 5 anys.

El cost total a amortitzar durant aquests 5 anys és de 1,4 milions d'euros, considerant el preu aproximat per a la posada en funcionament total d'una planta d'aquest tipus al nostre país, facilitat per l'empresa "CDEnviro".

Per altra banda, també es considera un nivell d'aprofitament dels materials que podria arribar a un 80%, segons l'empresa, encara que en altres experiències s'ha arribat fins al 90%. De tota manera, això depèn del país on es faci el tractament ja que la composició d'aquest tipus de residus pot variar.

D'aquesta manera, es calcula el volum anual de generació que es necessitaria per tal de cobrir la inversió inicial d'una planta de tractament en un temps de 5 anys. Per fer-ho, es calcula l'estalvi anual per cobrir la despesa total de 1,4 milions d'euros al llarg dels 5 anys; que seria de 280.000 €/any i a partir del cost d'eliminació de 88,4€/tona, se n'obtenen les tones anuals que caldria evitar de portar a l'abocador; que suposarien 3.167 tones/any.

Finalment, es calcula quantes tones s'haurien de tractar realment tenint en compte que l'aprofitament dels materials es considera del 80%, donant un valor aproximat de 3.959 tones/any.

Els càlculs detallats es poden consultar a l'apartat 11 dels Annexos.

Taula 38. Volum de recol·lecció necessari per a una amortització a 5 anys d'un tractament total.

Cost d'eliminació	Temps d'amortització	Despesa a amortitzar	Nivell d'aprofitament dels residus	Volum necessari de recol·lecció
88,4 €/tona	5 anys	1,4 milions €	80%	3.959 tones/any

Com es pot observar a la taula anterior, a partir d'un volum anual de generació de d'aproximadament 4.000 tones, s'amortitzaria la inversió en 5 anys suposant que el volum de residus tractats és l'òptim per aquesta planta de tractament.

Aquest tipus de planta, segons l'empresa, la planta estàndard pot tractar fins a una quantitat màxima de residus de 10 tones per hora. D'aquesta manera, considerant que està funcionant 8 hores al dia durant 365 dies a l'any; s'obté una quantitat màxima possible a tractar de 29.200 tones/any. Segons indiquen, també seria possible adquirir-ne una capacitat de tractar encara més quantitat de residus, si fos necessari.

Per tant, les 4.000 tones anuals de recol·lecció orientativa es podrien tractar sense cap problema i, evidentment, seria interessant poder tractar-ne més, de manera que la inversió es podria amortitzar de manera més ràpida.

Així doncs, es pot dir que en aquest cas considerat, la planta de tractament estaria treballant molt per sota de la quantitat total anual màxima que podria tractar. Tot i així, cal dir que el preu pressupostat per a aquest tipus d'instal·lació no variaria de manera substancial depenent de la quantitat a tractar. D'aquesta manera, el que limitaria les quantitats a tractar seria la logística i l'emmagatzematge dels residus abans o després de ser tractats. Per exemple, a la planta d'aquest tipus instal·lada aquest any 2015 per l'empresa "CDEnviro" a Melbourne (Austràlia), hi ha la previsió que es tractin 12.000 tones anuals (Citywide. Street sweeping recycling plant. sense data).

En aquest aspecte, els municipis analitzats en el projecte, no generen la suficient quantitat de residus de neteja viària com per plantejar-se de manera seriosa un aprofitament total d'aquest tipus de residus pel seu propi compte. Dit això, es podria valorar una agrupació de municipis que en recollís la quantitat suficient per tal que la inversió sigui rentable.

En el cas d'haver de considerar una zona en concret, Barcelona i/o la seva àrea metropolitana podria ser una candidata perfecte per a l'aprofitament d'aquest tipus de residus per als seus més que probables alts nivells de recol·lecció d'aquests. De totes maneres, s'hauria d'entrar en detall en les quantitats d'aquest tipus de residus que s'hi recullen i quina composició tenen.

Com s'ha comentat en repetides vegades, la generació d'aquest tipus de residus és difusa ja que no es produeix en un lloc concret i depèn de molts factors. Tot i així, per tenir una idea aproximada dels residus d'aquest tipus que es recullen en una agrupació de municipis com el Consorci del Bages o en una ciutat com Barcelona, es poden fer alguns càlculs orientatius com a recol·lecció en Kg/Km²/any, a partir de les dades calculades durant el projecte per als nivells de recol·lecció i el càlcul aproximat de la superfície útil de neteja viària.

Les quantitats de recol·lecció anual per a Artés i Igualada són de 100.634 Kg/any i 356.040 Kg/any, respectivament. I pel que fa a la seva superfície útil de neteja viària és d'aproximadament 1,11 Km² per al cas d'Artés i 5,10 Km² per al cas d'Igualada. Aquest valors han estat calculats mitjançant el programa Google Maps, sabent aproximadament quines són les zones de recollida en cada municipi (plànols consultables a l'apartat 13 dels Annexos).

Així doncs, dividint les respectives quantitats de recol·lecció anual entre la superfície de recollida, podem obtenir un valor orientatiu del nivell de recol·lecció d'aquest tipus de residus. Per al cas d'Artés, s'obté un valor de 90.661 Kg/Km²/any i per Igualada de 69.811 Kg/Km²/any.

Cal dir però que els valors anteriors són molt orientatius ja que depenen de molts factors com: programació del servei de neteja viària (més intensiu o menys), situació geogràfica de les recollides, condicions meteorològiques, densitat de població i d'altres aspectes comentats durant el desenvolupament del projecte.

Per fer-se una idea de la quantitat d'aquest tipus de residus que es pot estar recollint en una ciutat com Barcelona s'utilitza de manera orientativa el valor de recol·lecció menor per tal de considerar el pitjor escenari.

Així doncs, tenint en compte que Barcelona té una superfície de 101,4 Km² (Institut d'Estadística de Catalunya 2014) i que el valor de recollida a utilitzar és de 69.811 Kg/Km²/any, n'obtenim un valor recol·lecció de 7.078.835 Kg/any, és a dir, 7.078 tones anuals. Aquesta quantitat, suposant que es porta a l'abocador amb al mateix preu que paga Igualada (88,4 €/tona), suposaria una despesa de 625.695 €/anuals.

En aquest cas de la ciutat de Barcelona, no s'ha pogut ajustar el valor de superfície a la superfície total aproximada on es duu a terme la neteja viària ja que es desconeix quina és la distribució de neteja. Així doncs, cal remarcar que aquests valors són molt orientatius i es necessita d'un estudi més exhaustiu d'aquest cas. Dit això, es pot afirmar però que les quantitats que s'han de gestionar teòricament a Barcelona i/o la seva àrea metropolitana, poden fer perfectament factible la instal·lació d'una planta de tractament complet.

Tenint en compte tots els aspectes considerats anteriorment, es pot afirmar que la valorització d'aquest tipus de residus pot ser perfectament viable actualment i tots els pronòstics apunten a que encara ho serà més en els propers anys per alguns dels motius que es detallen més endavant.

3.4.2. Recol·lecció anual orientativa per a la viabilitat en la recuperació de la fracció de sorres

Pel que fa a l'aprofitament de les fraccions formades per sorres i graves, s'ha vist que en municipis amb característiques similars a Igualada pot ser factible la instal·lació de maquinària dedicada a separar la fracció de sorres, podent englobar totes les partícules de sòl amb una mida que vagi de 0 fins a un màxim de 8 mm, de manera que es poden valoritzar diferents mides de partícules de sòl, com són argiles, llims, sorres i graves.

S'ha pogut comprovar, per al cas d'Igualada, que el percentatge en pes mitjà de les fraccions formades per aquests materials suposen un 59,5%; un percentatge que està dins el rang que s'ha detectat en experiències anteriors comentades en la Introducció de l'estudi.

D'aquesta manera, tenint en compte una valorització de només aquests materials, amb aquest percentatge d'aprofitament i una amortització a curt termini de 5 anys; es pot fer una aproximació del volum anual de recol·lecció ideal per a cobrir la inversió inicial en aquests 5 anys, encara que, òbviament, també es podria optar per un temps d'amortització major. D'aquesta manera, igual que en l'apartat anterior, només es pretén obtenir uns valors orientatius.

El procediment de càlcul és el mateix que en l'apartat anterior (consultable a l'apartat 11 dels Annexos).

Taula 39. Volum de recol·lecció necessari per a una amortització a 5 anys de la valorització de la fracció sorres.

Cost d'eliminació	Temps d'amortització	Despesa a amortitzar	Nivell d'aprofitament dels residus	Volum necessari de recol·lecció
88,4 €/tona	5 anys	190.000 €	59,5%	722 tones/any

Així doncs, tenint en compte que la recol·lecció d'aquests tipus de residus a Igualada durant l'any 2014 és de 356.040 Kg/any; per tal d'obtenir un major volum de recol·lecció, seria interessant valorar l'opció de fer una agrupació dels municipis propers a aquesta ciutat com, per exemple, els que pertanyen a la mateixa Conca d'Òdena.

Per altra banda, i seguint el mateix exemple, també podria ser factible fer aquest tipus de separació per als municipis que formen part de la comarca del Bages, entenent que per al cas d'Artés analitzat també s'hi ha trobat materials potencialment valoritzables.

Segons l'empresa, hi ha diverses mides estàndard per a la maquinària de separació d'aquests materials; la mida estàndard menor és capaç de tractar 60 m³/h. Aquest valor, considerant la densitat de 200 Kg/m³ per a aquest tipus de residus ens donaria 12.000 Kg/h, de manera que la quantitat possible de tractament estaria molt per sobre de les 722 tones/any que es plantegen per a l'amortització a 5 anys.

D'aquesta manera, si a aquests materials se'ls hi pogués donar una sortida i es fes una agrupació de municipis per a separar-los; la inversió sortiria molt més rentable.

En general, aquesta opció també pot ser interessant per qualsevol municipi o agrupació d'aquests que vulgui valoritzar una part d'aquest tipus de residus sense fer-ne un tractament de neteja total però si separant les fraccions de sorres i donant-les-hi les sortides que permetin els seus nivells de contaminants, un cop determinats.

3.4.3. Contribució del nou Pla de residus de Catalunya (Precat20) a la viabilitat del projecte

A l'hora de valorar els diversos aspectes que contribueixen a considerar els residus procedents de la neteja viària com a materials valoritzables, cal tenir en compte que en els propers anys aquesta gestió serà cada cop més necessària degut a diversos motius, que s'exposen a continuació.

Considerant el nou Pla de residus de Catalunya (Precat20), que preveu una sèrie de mesures basades en les directrius europees en matèria de residus, s'ha de tenir en compte que es busca aconseguir una reducció del 15% en la generació de residus a l'any 2020; de manera que una correcta valorització dels residus que provenen de la neteja viària poden contribuir en aquesta reducció.

Una de les mesures que es preveu que es prengui per tal de minimitzar la generació de residus i contribuir al seu aprofitament és un encariment notable del cànon que paguen els municipis per la tona d'escombraries no reciclada. D'aquesta manera, es buscarà evitar les situacions actuals en que, als ajuntaments, els surt més barat llençar els residus a l'abocador que reciclar.

Així doncs, tenint en compte que en els propers anys s'encarirà el cànon d'entrada de residus als abocadors, encara sembla més necessari una correcta gestió dels residus que provenen de la neteja viària. A d'altres països europeus, s'arriba a pagar actualment més de 100 euros per tona de residus entrada a l'abocador, sense comptar amb altres taxes, mentre que a Catalunya aquest preu és molt inferior.

3.5. Futures línies d'investigació

És evident que l'estudi d'aquest tipus de residus no acaba aquí sinó que obre un ventall de futures línies de recerca per tal de conèixer-los en més profunditat i avaluar-ne les possibles valoritzacions depenent de molts factors, com ara els nivells de contaminants i les necessitats de cada població.

D'aquesta manera, algun dels temes a tractar en un futur poden ser:

- La caracterització química d'aquest tipus de residus per tal de conèixer exactament els tractaments de neteja necessaris per a la valorització dels materials que els formen i en quins casos ho són.
- Estudi de viabilitat en una gran ciutat com Barcelona o a la seva àrea metropolitana, on podria sortir rentable la instal·lació d'una planta de recuperació total d'aquests materials.
- Estudi de viabilitat del tractament d'aquest tipus de residus mitjançant una agrupació de municipis d'una mateixa comarca o província, com per exemple, una gestió d'aquest tipus de residus per als municipis que pertanyen al Consorci del Bages.

CAPÍTOL 4. PRESSUPOST.

4.1. Aspectes considerats en la realització del pressupost

En l'elaboració del pressupost de l'estudi s'han tingut en compte les partides següents:

- **Materials:** conjunt de materials que s'han utilitzat per tal de fer la separació dels residus recollits i el seu emmagatzematge.

Cal dir que durant el projecte s'ha utilitzat molts més materials que els detallats en el pressupost. Aquests, han estat cedits o simplement no s'han hagut d'adquirir degut a què ja es disposava d'ells abans de fer l'estudi.

- **Mà d'obra:** en el cas de la mà d'obra es consideren totes les hores dedicades a l'elaboració del projecte. En línies generals s'hi considera: investigació i formació sobre el tema, reunions, recollides de residus, separació i pesatge de les recollides, feines de laboratori i redactat dels documents que conformen l'estudi.

Per calcular el preu de mà d'obra s'ha considerat el preu de 6 €/hora per a les feines d'enginyer becari corresponents al salari d'aquest i 12 €/hora per a les feines pròpies d'enginyer titulat.

- **Combustible en desplaçaments:** es considera el quilometratge total fet durant l'elaboració del projecte. Bàsicament, s'hi tenen un compte els quilòmetres fets per tal de fer les recollides de residus als dos municipis d'estudi i també el desplaçament a Barcelona per a la reunió amb l'Agència Catalana de Residus (ARC). Els altres desplaçaments de curt trajecte no s'hi consideren.

4.2. Pressupost d'elaboració del projecte

Tot seguit es detallen els costos dels diferents elements considerats en el pressupost.

4.2.1. Material

MATERIAL					
Partida	Unitats	Concepte	Quantitat	Cost unitari (€/un.)	Cost total (€)
1	un.	Bosses de plàstic de diverses mides per a la separació dels residus.	-	-	15

2	un.	Garbell d'acer inoxidable de diàmetre 20 cm.	1	19,95	19,95
3	un.	Recipients de plàstic per a la separació.	4	5	20
4	un.	Impressió del projecte i enquadernat.	1	-	70
TOTAL MATERIAL (IVA inclòs)					124,95 €

4.2.2. Mà d'obra

MÀ D'OBRA					
Partida	Unitats	Concepte	Quantitat	Cost unitari (€/un.)	Cost total (€)
1	Hores	Investigació prèvia, recerca d'informació i formació sobre els diversos temes tractats.	290	6	1.740,00
2	Hores	Conjunt de reunions fetes durant l'elaboració del projecte.	30	12	360,00
3	Hores	Recollides de residus a Artés i a Igualada (amb desplaçament inclòs).	30	12	360,00
4	Hores	Separació i pesatge de totes les recollides efectuades a Artés i a Igualada.	50	6	300,00
5	Hores	Diferents feines fetes al laboratori i preparació del material.	27	12	324,00
6	Hores	Redacció de la Memòria i Annexos.	220	12	2.640,00

SUBTOTAL MÀ D'OBRA (sense IVA) 5.724,00 €

IVA 21% 1.202,04 €

TOTAL MÀ D'OBRA (IVA inclòs) 6.926,04 €

Desglossament d'activitats considerades dins la mà d'obra

REUNIONS

Activitat	Hores
Seguiment a l'empresa Ambiens	15
Ajuntament d'Igualada	2
Servei de Gestió Mediambiental d'Igualada	1
Agència Catalana de Residus	2
Seguiment a l'Escola d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona	5
Seguiment a l'Escola d'Enginyeria d'Igualada	5

RECOLLIDES DE RESIDUS (Temps de desplaçament inclòs)

Activitat	Hores
10 Recollides a Artés	20
10 Recollides a Igualada	10

SEPARACIÓ MANUAL I PESATGE DE MATERIALS

Activitat	Hores
10 mostres recollides a Artés	25
10 mostres recollides a Igualada	25

FEINES DE LABORATORI

Activitat	Hores
Determinació de la humitat de la part de sorres i matèria orgànica de les mostres d'Artés i Igualada.	10
Determinació del contingut en matèria orgànica i inorgànica de les mostres d'Artés i Igualada.	15
Anàlisi amb lupa electrònica de la fracció de sorres i matèria orgànica d'Artés.	2

4.2.3. Combustible en desplaçaments

COMBUSTIBLE					
Partida	Unitats	Concepte	Quantitat	Cost unitari (€/un.)	Cost total (€)
1	Km	Desplaçaments a Artés	456	0,25	114
2	Km	Desplaçaments a Igualada	60	0,25	15
3	Km	Reunió amb l'ARC a Barcelona	120	0,25	30

TOTAL COMBUSTIBLE (IVA inclòs) 159,00 €

4.3. Pressupost total d'elaboració

Tenint en compte totes les partides pressupostàries comentades anteriorment, el preu total d'elaboració del projecte (IVA inclòs) és de **7.209,99 €**.

Taula 40. Pressupost total d'elaboració.

PARTIDA	PRESSUPOST (IVA inclòs)
Material	124,95 €
Mà d'obra	6.926,04 €
Combustible	159,00 €
TOTAL	7.209,99 €

CAPÍTOL 5. BIBLIOGRAFIA.

5.1. Bibliografia de referència

- Agencia Estatal. Boletín Oficial del Estado. «Boletín Oficial del Estado.» *Boletín Oficial del Estado. Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.* 28 / 07 / 2011. <http://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-13046-consolidado.pdf> (últim accés: 18 / 08 / 2015).
- Àrids García. «Àrids García.» *Tarifes preus 2015.* sense data. <http://www.aridsgarcia.com/fitxer/247/Tarifa%202015.pdf> (últim accés: 16 / 08 / 2015).
- CDEnviro. *CDEnviro.* sense data. <http://www.cdenviro.com/products/gmax-gulley-waste-road-sweepings> (últim accés: 18 / 09 / 2015).
- Citywide. Street sweeping recycling plant. «Citywide.» sense data. <http://www.citywide.com.au/our-projects/environmental/street-sweeping-recycling-plant> (últim accés: 14 / 08 / 2015).
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas. *EUR-Lex.* 16 / 02 / 2001. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:047:0001:0031:ES:PDF> (últim accés: 15 / 02 / 2015).
- Edward, J, i JR Collins. «Saving money through alternative disposal of street sweeping debris.» Center for public management, University of Massachusetts , Boston, 2009.
- Empresa CDEnviro. «Street sweeping and gully waste - A valuable resource?» sense data. <http://www.cdenviro.com/uploads/downloads/640/road-sweepings-business-article.pdf> (últim accés: 07 / 08 / 2015).
- Environment Agency. *Waste Data Flow.* 2012. http://www.wastedataflow.org/documents/guidancenotes/Specific/LATS_street_sweepings_guidance.pdf (últim accés: 05 / 03 / 2015).
- Estratègia Catalana Residu Zero. *Estratègia Catalana Residu Zero.* sense data. <http://estrategiaresiduzero.cat/> (últim accés: 11 / 04 / 2015).
- German, J, i G Svensson. «Metal content and particle size distribution of street sediments and street sweeping waste.» *Water Science and Technology* (IWA Publishing) 46, núm. 6-7 (2002): 191-198.

- Indiana Department of Environmental Management. *IN.Gov.* sense data.
http://www.in.gov/idem/files/factsheet_street_sweeping.pdf (últim accés: 25 / 02 / 2015).
- Institut Cartogràfic de Catalunya. *Atles Nacional de Catalunya. Tipus de clima.* sense data. <http://www.atlesnacional.cat/icc/atles-nacional/clima/> (últim accés: 11 / 06 / 2015).
- Institut d'Estadística de Catalunya. *IDESCAT. El municipi en xifres. Igualada.* 2014.
<http://www.idescat.cat/emex/?id=081022> (últim accés: 08 / 07 / 2015).
- . *IDESCAT. El municipi en xifres. Artés.* 2014.
<http://www.idescat.cat/emex/?id=080109> (últim accés: 08 / 07 / 2015).
- . *IDESCAT. El municipi en xifres. Barcelona.* 2014.
<http://www.idescat.cat/emex/?id=080193&lang=es> (últim accés: 02 / 09 / 2015).
- Siltbuster. *Gritbuster.* sense data.
<http://www.siltbuster.com/recycling/products/gritbuster> (últim accés: 20 / 09 / 2015).
- Town of Natick. «Town information and demographics. Appendix D.» 2013.
<http://natickma.gov/documentcenter/view/691> (últim accés: 12 / 08 / 2015).
- Veolia Environmental Services. Ling Hall Landfill Site. «Street sweeping and gullies recycling.» sense data.
http://www.veolia.co.uk/sites/g/files/dvc636/f/assets/documents/2014/10/ST_factsheet.pdf (últim accés: 02 / 06 / 2015).

5.2. Bibliografia de consulta

- Agencia Estatal. «Boletín Oficial del Estado. Real decret 506/2013, de 28 de juny, sobre productes fertilitzants.» sense data.
http://www.boe.es/boe_catalan/dias/2013/07/10/pdfs/BOE-A-2013-7540-C.pdf (últim accés: 25 / 08 / 2015).
- Agencia Estatal. Boletín Oficial del Estado. «Real decret 865/2010, de 2 de juliol, sobre substrats de cultiu.» sense data.
http://www.boe.es/boe_catalan/dias/2010/07/14/pdfs/BOE-A-2010-11153-C.pdf (últim accés: 27 / 08 / 2015).
- Ajuntament d'Artés. *El municipi. Dades generals.* sense data.
<http://www.artes.cat/municipi/dades-generals> (últim accés: 04 / 07 / 2015).
- Alonso, C, E Martínez, i J de la Morena. *Manual para la gestión de los residuos urbanos.* Madrid: La Ley - Actualidad, 2003.

«Boletín Oficial del Estado.» *BOE*. 28 / 07 / 2011.

http://www.boe.es/boe_catalan/dias/2011/07/29/pdfs/BOE-A-2011-13046-C.pdf (últim accés: 05 / 04 / 2015).

CalRecycle. «CA.gov.» *Alternative Daily Cover (ADC)*. sense data.

<http://www.calrecycle.ca.gov/LGCentral/Basics/ADCBasic.htm#Reporting> (últim accés: 10 / 05 / 2015).

George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil. *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A., 1994.

Indiana General Assembly. «IN.Gov.» sense data.

<http://www.in.gov/legislative/iac/title329.html> (últim accés: 05 / 03 / 2015).

—. «IN.Gov.» sense data. <http://www.in.gov/legislative/iac/title329.html> (últim accés: 05 / 03 / 2015).

Red Española de Ciudades por el Clima. *Gestión de residuos municipales y limpieza viaria. Guía Divulgativa*. Madrid: Baetica, 2007.

—. *Gestión de residuos municipales. Guía Técnica*. Madrid: Baetica, 2007.